

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra elektroenergetiky

Projekt elektroinstalace píšťalových varhan

Pipe Organ Wiring System Projection

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Lukáš Zemánek

Studijní program:

N2649 Elektrotechnika

Studijní obor:

3907T001 Elektroenergetika

Téma:

**Projekt elektroinstalace píst'alových varhan.
Pipe Organ Wiring System Projection.**

Zásady pro vypracování:

Komplexní elektroinstalace nástroje, ovládací obvody, osvětlení, vytápění, pomocné obvody. Historický vývoj, současný stav.

Předpisy a normy pro elektroinstalace v hořlavých hmotách, základní východiska a omezení, přístroje a příslušenství, vodiče a kabely, úložný materiál.

Bezpečnost, ekonomika, estetika, ergonomie, památkové hledisko rekonstrukcí.

Komplexní rozbor stávajícího stavu, vyhodnocení několika konkrétních existujících instalací.

Vypracování vzorových projektů elektroinstalace pro nástroj s elektrickou nebo pneumatickou (mechanickou) trakturou.

Vícekritériární zhodnocení navržených projektů doplněné o základní průzkum trhu použitých komponentů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů vedoucího diplomové práce.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Bernat, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2013

Datum odevzdání: 07.05.2014

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry




prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

„Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.“

V Ostravě dne 7.5.2014


.....
Bc. Lukáš Zemánek

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Petru Bernatovi, Ph.D. za poskytnutí cenných rad a materiálů, ze kterých jsem mohl čerpat.

Také bych chtěl poděkovat mým rodičům za podporu během studia.

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je vytvořit obecný základ pro elektroinstalaci píšťalových varhan na kůru kostela. V teoretické části je na úvod sepsán stručný historický vývoj nástroje a rozebrány jeho jednotlivé části. Dále jsou popsány jednotlivé prvky elektrické traktury a zařízení a jejich úloha v celkové instalaci. Obsáhlejší je pak část věnovaná předpisům a normám pro elektrické instalace, přístroje a příslušenství v hořlavých materiálech, následována kratší pasáží o důležitých aspektech, které musí být splněny při provádění rekonstrukce. Práce pokračuje vyhodnocením několika konkrétních a vypracováním vzorových elektroinstalací nástroje s mechanickou nebo elektrickou trakturou. Součástí je i teorie a zjednodušený příklad multikriteriální analýzy doplněné o základní průzkum trhu použitých komponentů.

KLÍČOVÁ SLOVA

píšťalové varhany, elektrická instalace, normy, hořlavý materiál, vícekritériální analýza

ABSTRACT

The aim of this thesis is to create a common basis for electrical installation of pipe organ in the gallery of the church. The theoretical part is the historical brief describing development of the instrument and its individual parts. The following describes the elements of electric action and equipment and its role in the overall installation. A more extensive part is then devoted to regulations and standards for electrical installations, appliances and accessories in combustible materials, followed by shorter passages of the important aspects that must be performed in the implementation of the reconstruction. The thesis continues evaluating several specific models of electrical installation and presents some electrical installation models of instrument with mechanical or electric action. It also includes a simplified example of the theory of multi-criteria analysis, supported by basic market research.

KEYWORDS

pipe organ, electric installations, standards, combustible material, multi-criteria analysis

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AC	střídavý proud (alternating current)
CEN	Evropského výbor pro normalizaci (Comité Européen de Normalisation)
CYKY	kulatý kabel s plnými měděnými vodiči pro pevné uložení
CYSY	kulatý kabel se slanými vodiči pro pohyblivé uložení
ČSN	Česká státní norma
DC	stejnosměrný proud (direct current)
ESČ	Elektrotechnický svaz český
EN	Evropská norma
IP	stupeň ochrany krytem (International Protection)
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
LED	dioda emitující světlo (Light Emitting Diode)
TT	elektrická síť, jejíž uzel je přímo uzemněný, neživé části zařízení jsou spojeny se zemí pomocí samostatného zemniče
TN	elektrická síť, ve které je jeden bod bezprostředně uzemněn, neživé části chráněných zařízení jsou vodičem spojeny s tímto bodem
UV	ultrafialové záření (ultraviolet)
d	tloušťka vrstvy hořlavé hmoty (mm)
I	elektrický proud (A)
I_K	zkratový proud (A)
i_s	index šíření plamene ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)
I_Z	zkratová odolnost (A)
l	vzdálenost (mm)
m	hmotnost (kg)
p	hydrostatický tlak (Pa)
S	průřez (mm^2)
t	teplota ($^{\circ}\text{C}$)
λ	měrná tepelná vodivost ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)
ρ	objemová hustota ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

OBSAH

ÚVOD	1
1 STRUČNÝ HISTORICKÝ VÝVOJ NÁSTROJE.....	2
2 STAVBA VARHAN	4
2.1 Varhanní skříň.....	4
2.2 Vzdušnice.....	4
2.2.1 Vzdušnice s tónovými kancelami	5
2.2.2 Vzdušnice s rejstříkovými kancelami.....	5
2.2.3 Skříňová vzdušnice.....	6
2.3 Traktura.....	6
2.3.1 Mechanická traktura	7
2.3.2 Pneumatická traktura	7
2.3.3 Elektrická traktura	8
2.3.4 Kombinovaná traktura	8
2.4 Vzduchové hospodářství.....	9
2.4.1 Jednodílné měchy	9
2.4.2 Dvojdílné měchy	10
2.4.3 Elektrický ventilátor	10
2.5 Píšťaly.....	10
3 ELEKTROINSTALACE VARHANNÍHO NÁSTROJE	11
3.1 Elektrická traktura.....	11
3.1.1 Komponenty elektrické traktury.....	12
3.1.2 Elektrická tónová traktura	18
3.1.3 Elektrická rejstříková traktura	20
3.2 Elektrický ventilátor	21
3.3 Vytápění a osvětlení.....	23
4 ELEKTRICKÉ INSTALACE V A NA HOŘLAVÝCH HMOTÁCH	25
4.1 Rozdělení stavebních hmot podle jejich hořlavosti	25
4.1.1 Zkušební metody	27
4.1.2 Definice tříd reakce na oheň.....	27
4.1.3 Posuzování změny stupně hořlavosti hmot	28
4.2 Všeobecné požadavky na elektrickou instalaci.....	28

4.2.1	Kabelové rozvody.....	31
4.2.2	Úložný materiál	33
4.2.3	Elektrické přístroje a zařízení	36
5	DŮLEŽITÉ ASPEKTY UPLATŇOVANÉ PŘI REKONSTRUKCI.....	41
6	ROZBOR NĚKOLIKA KONKRÉTNÍCH INSTALACÍ.....	42
6.1	Kostel Nalezení sv. Kříže v Rybí, Nový Jičín	42
6.1.1	Stav nástroje	43
6.2	Farní kostel sv. Jana Křtitele v Dolní Lutyni, Bohumín	46
6.2.1	Status varhan	46
6.3	Kostel Nejsvětější Trojice v Bohuslavicích, Hlučín	50
6.3.1	Stav varhanního nástroje	50
6.4	Kostel sv. Ducha v Kátlovcích, Tnava	53
6.4.1	Popis stavu nástroje	54
6.5	Kostel svatého Václava ve Starém Jičíně, Nový Jičín.....	56
6.5.1	Aktuální stav nástroje	57
7	VZOROVÉ PROJEKTY ELEKTROINSTALACE NÁSTROJE.....	61
7.1	Nástroj s mechanickou trakturou	61
7.2	Varhany s elektrickou trakturou	62
8	VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZA ZPRACOVANÉHO PROJEKTU.....	64
8.1	Teorie multikriteriální analýzy	64
8.1.1	Obecný postup při řešení multikriteriálního hodnocení variant	64
8.1.2	Metody určování vah kritérií	66
8.1.3	Multikriteriální vyhodnocovací metody	68
8.2	Zjednodušený příklad vícekritériální analýzy projektu	70
9	ZÁKLADNÍ PRŮZKUM TRHU POUŽITÝCH KOMPONENTŮ	73
	ZÁVĚR	75
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	76
	SEZNAM OBRÁZKŮ	79
	SEZNAM TABULEK	81
	SEZNAM PŘÍLOH	82

ÚVOD

Píšťalové varhany, které můžeme v našich zemích slyšet převážně v kostelích, chrámech či synagogách byly a jsou stavěny jako doprovod k duchovnímu zpěvu. Každé z nich jsou unikátem a důkazem zručnosti mistrů varhanářů. Jejich věk se většinou počítá ne na desítky, ale na stovky let. Proto jsou, stejně jako samotné stavby, kulturními památkami a musí být tudíž také pečlivě udržovány a chráněny. S nástupem elektrifikace se však mnohé změnilo. Na zachování původního vzhledu se při zapracování elektroinstalace málokdy bral zřetel, vítězilo úsporné a jednoduché řešení na úkor bezpečnosti a estetiky nástroje. V některých případech to došlo tak daleko, že naprostý diletantismus a bezohlednost pro původně historicky cenné varhany znamenal jejich zničení, které už nepůjde jednoduše vrátit zpět.

Proto je elektrická instalace varhan specifický a složitý problém vyžadující všestranná řešení. Neexistuje jednotné východisko, i při vytvoření jednotného základu instalace je stále každý kůr a nástroj jedinečný. Jelikož hlavním stavebním prvkem je dřevo, musí být splněny podmínky, za kterých je možné elektrické rozvody a zařízení ukládat na vznětlivé materiály. Při vytváření návrhu je také nutné pamatovat, aby byla dodržena původní estetika nástroje a jeho památková hodnota.

Tomuto se právě věnuje diplomová práce, která má za úkol vytvořit podklady pro vypracování elektroinstalačních projektů, jenž by se daly aplikovat při řešení konkrétní rekonstrukce. Důležitou součástí jsou také předpisy a normy pro instalace v zápalných hmotách. Dále, jako příklady nevhodného provedení, následuje rozbor několika konkrétních existujících elektrických instalací. Vypracováním tří projektů je pak ukázáno možné provedení rozvodu energie po kůru. Ke konci se práce zabývá multikriteriální analýzou a základním průzkumem trhu.

1 STRUČNÝ HISTORICKÝ VÝVOJ NÁSTROJE

Spojení několika rozdílně znějících píšťal se zdrojem stálého vzduchu bylo známo již ve starověku. Dlouhodobý vývoj ve středověku a renesanci rozšířil technický a zvukový základ nástroje a vytvořil předpoklady umělecké hry. Vrcholu dosáhly varhany nesporně v baroku, kdy vznikla vyrovnaná technika hry a především bylo logicky utříděno zvukové bohatství nástroje. [1]

Slovo „varhany“ je odvozeno z latinského výrazu „organum“, který označoval podobné starověké nástroje používané v římských cirkusech. Vynález varhan je přisuzován řeckému inženýrovi Kteistibosovi žijícího v egyptské Alexandrii přibližně ve třetím století před naším letopočtem. Vymyslel hrající nástroj, tzv. „hydraulis“, tedy volně přeloženo jako „vodní varhany“, protože vzduch vháněný do píšťal byl vyrovnáván protitlakem vody. Hydraulis hrál ve všech arénách římského impéria. Vodní čerpadla a regulátory byly ve druhém století našeho letopočtu nahrazeny vzduchem nahuštěnými koženými pytli a teprve až v 6. nebo 7. století se začaly používat měchy. [2]

Rozvoj tohoto nástroje se naopak těšil podpoře Východořímské říše, z ní pak se varhany šířili po celé Evropě. V roce 757 byl francký panovník Pipin Krátký obdarován varhanami označenými jako „organum“ císařem Konstantinem Kopronymem a tak se varhany dostaly do Evropy. Podle řeckého vzoru postavil roku 826 benátský kněz Georgius v Cáchách první západoevropské varhany. Koncem 9. století již byly varhany rozšířeny po celém evropském kontinentě a to i v chrámech, přestože se církev stále tomuto světskému nástroji bránila. V té době se nástroj používal spíše k udávání tónu než k doprovodu sborového zpěvu. Varhany neměly klávesy, jak je známe teď, ale pouze tzv. „šoupátka“, kterými se uzavíraly nebo propojovaly kanálky s proudícím vzduchem. [3]

Ve 13. století byly vynalezeny přenosné orgány, které nosil hráč zavěšené na rameni. Levou rukou ovládal malý čerpací měch, pravou pak hrál na krátké klávesnici. Píšťaly byly rozmístěny ve dvou řadách, které se od sebe lišily o celý tón. Kvůli velikosti však byly omezeny jejich rozsahem, většinou nepřevyšoval dvě oktávy. Varhany postrádaly zásobníkový měch, proto bylo nutné při hraní neustále dodávat stlačený vzduch. Nástroj byl používán jako doprovodný pro světskou i duchovní hudbu do 16. století. [9]

Během renesance a baroka se barva tónu stávala pestřejší. Konstruovaly se píšťaly různých délek, které podporovaly přirozenou tónovou řadu. Rozdělení varhanního nástroje na řadu píšťal určitého zvukového charakteru (rejstříky) zase přispělo k možnosti odstupňování hry a proměnlivosti barvy zvuku. Začalo se používat klaviatury, možné byly také dynamické a barevné změny pomocí rejstříků. Ideálem barokních varhan bylo vybudovat pro každou kategorii hlasů celou skupinu, znějící ve všech tónových výškách. Byly vyráběny rejstříky napodobující zvuky různých hudebních nástrojů, například violy. Tím se docílovalo ještě bohatšího výběru zvukových barev. Varhanní hra se uplatňovala jak v samotné účasti na liturgické hudbě, tak při uvádění a doprovodu zpěvů a určitých úkonů. Období baroka je často nazýváno zlatým věkem píšťalových varhan. Nejen tvorba, ale i samotný nástroj dosáhl v té době největšího rozkvetu. Byla zkonstruována varhanní skříň a prospekt, jenž přispěl nejen k ochraně varhan, ale také k celkovému ucelení zvuku a jeho nasměrování do daného prostoru. Přibýly také nové části nástroje - vzduchoměr či žaluziová skříň, která v určitém rozsahu plynule mění hlasitost nástroje. Otevíráním nebo zavíráním žaluzií hráč ovládá sílu zvuku ve skříni. [3]

V období romantismu se staly varhany více symfonickými. Klasické varhany kladly důraz na rozmanitost barev, romantické na rozmanitost tónové síly, možnost co největšího dynamického odstupňování plynulého crescenda. Pro větší hlasitosti a velkolepější zvuk byl nezbytný také větší tlak vzduchu. V důsledku toho bylo, pro ovládání nástroje, zapotřebí větší síly kvůli nutnosti překonání tlaku. To bylo fyzicky velmi náročné, protože varhaník musel ovládat ventily ve vzdušnici přímo silou stisku na klávese. Byla vynalezena pneumatická „Barkerova“ páka, která usnadnila hru a rejstříkování. Crescendo mělo umožnit téměř plynulé zesilování a zeslabování zvuku nástroje postupným přibíráním a uzavíráním rejstříků. Vynález skříňového měchu zase umožnil zvyšování tlaku vzduchu. [9]

Skutečnou změnu přinesla elektřina zavedením elektrických ventilátorů jako čerpacího zařízení nebo použitím elektrických ovládacích prvků, která umožnila vzdálit hrací stůl od vlastního nástroje. Bohužel, v horším případě se však v tomto duchu představovaly i krásné a historicky cenné barokní nástroje, které už těžko půjde vrátit do původního stavu. [1]

V druhé polovině 20. století se do nástrojů začali včleňovat digitální komponenty z důvodu nižší pořizovací ceny, menší velikosti a minimálními nároky na údržbu. Jsou propagovány hybridní varhany. Ovládání je, místo mechanického či pneumatického, elektronické, které je jednodušší, komponenty jsou menší a spolehlivější. Ostatní prvky nástroje jsou zachovány. [9]

Hlavní nevýhodou je závislost na zdroji elektrického proudu. Dalším problémem je zastarávání použitých komponentů. Životnost klasického nástroje díky kvalitnímu zpracování je počítána ve staletích, fyzická životnost digitálních prvků nepřesáhne tři desetiletí. Opakovanými přestavbami se nástroj ničí a jeho umělecká stránka zhoršuje. V současnosti se proto stavitelé varhan vrací k osvědčeným metodám. Protože se jedná o propracovanější a někdy i dokonalejší zpracování jednotlivých komponentů, začíná se znovu používat mechanické anebo pneumatické ovládání. [10]

2 STAVBA VARHAN

Varhany jsou hudební nástroj běžně používaný v kostelích, katedrálách či koncertních sálech, který produkuje zvuk při procházení stlačeného vzduchu dřevěnou nebo kovovou píšťalou. Protože každá orgánová píšťala vytváří jedinou výšku tónu, jsou rozmístěny v řadách od největší po nejmenší, které se od sebe liší o půl tónu. Většina nástrojů má několik řad píšťal s různým zabarvením, intenzitou a hlasitostí. [9]

Hráč ovládá varhany od hracího stolu. Ten je mozkiem celého nástroje. Jeho hlavními prvky jsou dva druhy klaviatur - klávesnice pro hru rukama (manuál), která je totožná s klaviaturou klavíru a pedál, jenž je určen pro hru nohama. Dále obsahuje ovladače rejstříků, jako jsou táhla, rukojeti a sklopy a řídicí prvky různých mechanismů usnadňující nebo doplňující ovládání nástroje. Stůl může být součástí nástroje, popřípadě stát samostatně v jeho blízkosti.

Nejmenší nástroje mají většinou pouze jeden manuál a jeden nebo dva tucty píšťal, varhany běžné velikosti manuály dva a pedál. Největší nástroje pak mohou mít pět až sedm manuálů s jedním pedálem a obsahovat desítky tisíc orgánových píšťal. [10]

Teoretické znalosti, potřebné k ovládnutí základů stavby píšťalových varhan jsou značně rozsáhlé a zasahují do nejrozličnějších oborů. Proto se budou následující podkapitoly zabývat stručně jen základními součástmi nástroje.

2.1 Varhanní skříň

Část nástroje, která při pohledu na varhany nejvíce upoutá pozornost, se nazývá prospekt. Je to vlastně průčelí varhanní skříně, často umělecky provedené, aby působilo jako výtvarná část interiéru. Prospekt nástroje je sestaven z jednoho nebo několika polí ozdobných píšťal. Ty mohou být buďto funkční nebo sloužit pouze jako atrapy pro doplnění výtvarného uměleckého záměru. [9]

Varhanní skříň poskytuje varhanám ochranu před poškozením, v některých případech jsou opatřeny stropy chránící před zaprášením vnitřních částí nástroje. Dále také mohou směřovat zvuk zešikmením stropu a natočením odrazných stěn. Každá skříň je jedinečný originál. Její výtvarné řešení je podřízeno okolní architektuře, jeho velikosti, také velikosti nástroje a jejímu technickému provedení a i stavebním podmínkám. Jejich výzdoba, v průběhu historických období, odpovídá jednotlivým slohovým stylům, ať už to byla renesance, baroko anebo secese. [5]

Součástí skříně jsou i žaluzie, popřípadě žaluziová skříň. Ta má za úkol plynule regulovat hlasitost nástroje. Při otevřené žaluzii hraje nástroj naplno, při uzavřené skříně je co nejtichší. Výsledný zvukový efekt je pak závislý na jejich konstrukci.

2.2 Vzdušnice

Bez pochyby se jedná o nejdůležitější součást nástroje. Má za úkol soustředit varhanní vzduch a podle vůle hráče jej pak přidělovat jednotlivým píšťalám. Konstrukce vzdušnice vytváří

podmínky pro postavení a uspořádání píšťal, pro zvuk varhan má její stavba podstatný význam. Podle způsobu stavby lze rozlišit tři typy - vzdušnice s příčným uspořádáním (tónovými kancelami), vzdušnice s podélným uspořádáním (rejstříkovými kancelami) a skříňová vzdušnice (unit), která není oproti předchozím druhům rozdělena ani v jednom směru. [10]

Ve varhanách je tolik vzdušnic, kolik je na hracím stole manuálních a pedálových klaviatur. Píšťaly stojící za sebou jsou ty, které náleží k jedné klávese - tónu a vedle sebe ty, které patří k jedné řadě nebo jednomu hlasu - rejstříku. Píšťaly jsou pak ke kancelám připojeny dvěma způsoby. Buďto stojí na vzdušnici zasunuty do píšťalnice, což je silná deska s otvory kryjící shora vzdušnici, anebo jsou umístěny na píšťalových stojanech mimo vzdušnici. K nim je pak vzduch přiváděn pomocí pevných kovových či plastových trubek, tzv. konduktů. [5]

2.2.1 Vzdušnice s tónovými kancelami

Kanálky (kancely) rozvádějící vzduch jsou vedeny napříč vzdušnicí a sledují tak rozmístění tónů. Obsahuje dvě základní části - společný vzduchový kanál s ventily (vzduchojem) a část rozdělenou na kancely. Stlačený vzduch do vzduchojemu, který probíhá podélně po celé šířce vzdušnice, je dodáván z měchu přes vzduchovod. Vzduch hromaděný ve vzduchojemu ale nemůže proudit dále, protože mu brání ventily. Teprve po stisknutí klávesy na hracím stole, jenž je spojena s daným ventilem, se vzduch dostane do příslušné kancely. Vzdušnici s kanálky kryje ze shora deska s řadou otvorů, ve kterých jsou umístěny píšťaly. Ventily a kancely mají různou velikost i šířku, velké píšťaly mající hluboké tóny potřebují více vzduchu, tím pádem musí mít přívodní kanál větší průřez.

Po otevření ventilu a naplnění tónové kancely stlačeným vzduchem zazní ve stejný moment všechny píšťaly. Aby se tak nestalo, je nutné mezi kanály a píšťalu vřadit prvek, který bude ovládat přívod ke každé píšťale zvlášť. Podle konstrukce tohoto mechanismu lze dále dělit vzdušnice na několik skupin - vzdušnici zásuvkovou, vzdušnici ventilovou a vzdušnici pružinovou. Společným znakem všech těchto vzdušnic je postup řízení přidělování vzduchu píšťalám. Vzduch z měchu se dostane nejdříve k tónovému ventilu a následně přes další registrační prvek (zásuvku či ventil) teprve k píšťale. [10]

2.2.2 Vzdušnice s rejstříkovými kancelami

Tyto vzdušnice jsou charakteristické podélným rozmístěním vzduchových kanálků. V podélném směru jsou na vzdušnici rozmístěny rejstříky, každý z těchto kanálů tedy přivádí vzduch jednomu hlasu (rejstříku) nástroje. Hlavní částí je opět vzduchojem, do kterého proudí stlačený vzduch skrz vzduchovod z hlavního měchu. U tohoto typu vzdušnice tato komora probíhá v opačném směru než u vzdušnice tónové, a to napříč. Umístění vzduchojemu se většinou umísťuje do středu vzdušnice, aby byla zachována rovnoměrnost zásobování kancel vzduchem. Vzduchojem je pak spojen s další částí vzdušnice, která je přepážkami rozdělena na podélné komory - rejstříkové kanály. Kancel je tolik, kolik je na vzdušnici hlasů. Vzduch se ze vzduchojemu do příslušné kancely dostane přes otvory, které

jsou v klidu uzavřeny pomocí ventilů. Všechny píšťaly jednoho hlasu jsou pak rozmístěny nad jednou rejstříkovou kancelou probíhající vzdušnicí po celé její délce. [10]

Opět je nutné vyřešit ovládání jednotlivých píšťal. Přestože princip ovládání přítoku vzduchu z kancely do píšťaly je podobný, konstrukce prvku, který se o toto řízení stará může být značně rozdílná. Podle toho vzdušnice s rejstříkovými kancelami můžeme dále dělit na vzdušnici kuželkovou, vzdušnici membránovou a vzdušnici s vertikálními ventily. Přidělování vzduchu je oproti vzdušnici s tónovou kancelou opačné. Nejdříve se vzduch dostane k jednotlivým rejstříkům a poté přes tónové ventily k píšťalám. [10]

2.2.3 Skříňová vzdušnice

Skříňová vzdušnice se konstrukčně liší od normálních vzdušnic tím, že není rozdělena ani v příčném, ani v podélném směru. Jedná se o nejjednodušší typ vzdušnice, počet potřebných dílů je oproti předchozím typům několikanásobně nižší. Píšťaly stojící na společném vzduchovém prostoru jsou pod stálým tlakovým vzduchem. Každá má svůj ventil, tím pádem je cesta vzduchu velmi krátká a nemá vliv na zhoršování jeho vlastností. Píšťaly unitové vzdušnice nemusí být upořádány v řadách za sebou ani vedle sebe jak u ostatních vzdušnic, ale jejich umístění může být přizpůsobeno tvaru skříně nebo prostoru, ve kterém nástroj stojí. [10]

Tento typ vzdušnice používá pneumatické nebo elektromagnetické ventily. Pneumatické varhany se staví jen zřídka, protože rozvod je značně pracný a zabírá mnoho místa. V dnešní době se výhradně uplatňuje elektronický systém. Svými rozměry zabírá relativně málo místa a dává velké kombinační možnosti zvukových barev. [5]

2.3 Traktura

Je to systém spojující klaviaturu, sklopy či rukojeti pro ovládání rejstříků a další řídicí prvky hracího stolu s výkonovými členy umístěnými v dané vzdálenosti od stolu. Dle funkce lze dělit trakturu na tři části - hrací (tónovou) trakturu, rejstříkovou trakturu a trakturu spojek.

Hrací trakturou se rozumí systém částí spojující klaviaturu s ventily, které jsou součástí vzdušnice a ovládají přívod vzduchu do odpovídajících píšťal. Ta ovládá příčný systém vzdušnice.

Rejstříková (registrační) traktura je systém elementů, jenž přenáší pohyb rejstříkového táhla, sklopy nebo rukojeti na pohyb dané zásuvky či rejstříkového ventilu ve vzdušnici. Tato traktura tedy řídí podélný systém vzdušnice. Rejstříky se dají řídit samostatně nebo ve skupinách jedním ovládacím prvkem - pevné kombinace (kolektivy). Lze tak stiskem tlačítka nebo sešlápnutím šlapky zapnout současně celou řadu rejstříků nutnou pro dosažení určité síly zvuku nástroje. Kolektivy se nastavují již při kompletaci nástroje a později je už nelze měnit. Další možností kolektivního ovládání jsou volné (programovatelné) kombinace. V tomto případě si varhaník může předem připravit libovolnou sestavu rejstříků, kterou pak v případě potřeby sepne jediným ovladačem. Součástí registratury je i rejstříkové crescendo a automat pedálu. Crescendo umožňuje stupňovitou regulaci síly zvuku otáčením válce či naklápěním šlapky na hrací stole, tím se automaticky vypínají rejstříky a výsledný zvuk tak budí

dojem zeslabování anebo zesilování. Automat pedálu zase samočinně vypíná hlasité hlasy v pedálu při hře na tišší manuál a naopak, při přechodu zpět na silnější manuál se vypnuté rejstříky opětovně spustí.

Spojky umožňují při hře využít hlasů jiné klaviatury nebo jiných tónů stejné klaviatury. Traktura spojek je rozličných typů. Principiálně mohou v určitém bodě propojovat mezi sebou dvě klaviatury, popřípadě klávesy uvnitř jedné klaviatury. Pokud jsou spojky vybudovány v dostatečné míře, lze celý nástroj s několika klaviaturami v určité situaci využít při hře na jedinou klaviaturu. Výhodou je rozšíření zvukových možností nástroje, na druhou stranu však stírá záměrně vybudované rozdíly ve zvuku jednotlivých strojů. [10]

Podle použitého principu a způsobu ovládání je možno traktury rozdělit na mechanickou, elektrickou a pneumatickou. Složením pak vznikne hybridní (kombinovaná či smíšená) traktura, nejčastěji používaná je elektropneumatická a elektromechanická.

V jednom nástroji se zpravidla používá jeden druh traktury. Možné jsou ale i kombinace. Běžné je užití jiného typu traktury pro tónovou a rejstříkovou část, málokdy se využívá rozdílné traktury pro tónovou část různých manuálů. [10]

2.3.1 Mechanická traktura

Mechanická traktura je dvojího druhu. Hrací (tónová), která při zmáčknutí klávesy manuálu nebo pedálu působí na ventil ve vzdušnici a rejstříková přenášející pohyb ovládajících rukojetí a pák na ventily či zásuvky. Součástí traktury jsou i pomocná zařízení (spojky). [10]

Obecně je založena na systému dvouramenných pák, táhel, úhelníků, bodců a převodových tyčí, kterými se přenáší impuls od klávesy k ventilu pod píšťalou. Poskytuje hráči přímý kontakt s píšťalovým ventilem a může přesně cítit, kdy se ventil otevírá. Lze také ovládat rychlost a artikulaci přednesu, což je základem výrazu ve varhanní hře a hudbě vůbec. Je ze všech druhů traktur nejstabilnější a nejspolehlivější. Díky tomu se dnes moderní varhanářství k mechanické traktuře opět vrací. [1]

2.3.2 Pneumatická traktura

V nástroji s pneumatickou trakturou je zprostředkovatelem přenosu impulsu od klávesy k ventilu vzduch. Komunikace mezi klávesami a ventily tak neprobíhá přes mechanické části, které by kladly při pohybu odpor, ale přes stlačený vzduch rozvedený tenkými trubičkami (kondukty). Základem traktury se stal pneumatický stroj, tzv. Barkerova páka - zařízení usnadňující ovládání vzdálenějších částí varhanního stroje. Hráč už tedy nemusel silou prstu překonávat velký tlak působící na ventily, jak tomu bylo v případě mechanické traktury. [1]

Nevýhodou je ale chybějící pocit přímého ovládání ventilu. Další nepříznivou vlastností traktury je její zpoždování, které vzniká omezenou rychlostí proudění vzduchu v trubičkách. Od stisku patřičné klávesy po otevření daného ventilu uplyne určitý čas. Proto se v dnešní době od pneumatického rozvodu upouští a nahrazuje ji traktura elektrická, jenž umožňuje stavbu stejných zařízení jednoduššími a spolehlivějšími prostředky. [10]

2.3.3 Elektrická traktura

V elektrické traktuře je nositelem informace mezi ovládacím prvkem a akčním členem elektrický proud, kdy sepnutí klávesy způsobí uzavření odpovídajícího elektrického obvodu od zdroje k příslušnému ventilu. Funkce využívá elektromagnetického jevu, na jehož základě pracují elektromagnety tvořící základní prvek elektrické traktury. Průchod proudu vinutím cívky pak způsobí přitažení kotvy, která vykoná mechanickou práci. [10]

Využití elektrické traktury dovoluje stavbu rozlehlých a složitých nástrojů, od nichž může být hrací stůl vzdálen více, než u jiných typů traktur. Stůl je s nástrojem propojen kabelem nebo bezdrátově, tím pádem lze také měnit jeho polohu. Nevýhodou je závislost na zdroji elektrického proudu. Po zvukové a umělecké stránce jsou varhany příznačně nulovým zpožděním odezvy. Jde o trakturu tzv. mrtvou, protože u ní chybí pocit spojení klávesy s ventilem a nelze tak prsty kontrolovat jeho otevírání. Dalším neméně podstatným problémem je rychlé zastarávání komponentů. Zatímco životnost samotného nástroje se počítá na staletí, trvanlivost elektrických prvků při dané vlhkosti a teplotě, která v kostelích panuje, se pohybuje kolem dvou až tří desítek let. Po této době je nutno vyměnit zničené nebo zastaralé komponenty za nové a případně je přizpůsobit těm, které zůstaly zachovány. Občas je kvůli tomu nezbytná i přestavba nástroje, kdy provedené změny často už nelze vrátit zpět. [10]

2.3.4 Kombinovaná traktura

Ovládání nástroje s kombinovanou trakturou je provedeno několika principy. Nejčastější je kombinace elektrické a pneumatické či elektrické a mechanické traktury.

Se smíšenou trakturou je možné se často setkat u rekonstruovaných nástrojů, u nichž byla pneumatická traktura. Kvůli složitosti aparátu hracího stolu a mnohokrát problémové údržbě a nevhodnému klimatu v kostele bývá traktura nespolehlivá. Proto je většinou nejvýhodnější k částečné výměně trubičkové pneumatiky za elektrickou. Díky jednodušší konstrukci, menším rozměrům a spolehlivějším komponentům se hrací stůl nechá přestavět na elektrický. V určitém místě traktury jsou potom původní ovládací prvky s minimální mechanickou úpravou nahrazeny elektromagnety.

Další oblastí pro použití hybridní traktury je rozšíření varhan o další hlasy. K nástroji se přistaví nová vzdušnice (nejčastěji skříňová) a protože, ve většině případů, z prostorových a praktických důvodů nelze použít pneumatické ovládání, padne volba na trakturu elektrickou. Rozšíření pneumatiky není totiž možné bez výměny mnoha jiných částí. Tlak vzduchu a jeho množství by nestačilo pro další zařízení, u mechanické traktury je zase obtížné přenést pohyb podstatně dále. Neobvyklou variantou je zjednodušení konstrukce varhan umístěním některých píšťal na samostatnou sníženou vzdušnici mimo skříň nástroje a nepřesahovali tak svou výškou zbytek nástroje. Ovládání k této dodatečné vzdušnici se i u jinak výhradně mechanické či pneumatické traktury řeší dnes z účelných důvodů většinou elektronicky. [10]

2.4 Vzduchové hospodářství

Jelikož jsou varhany v podstatě dechový nástroj, potřebují vzduch k tomu, aby rozezvučily píšťaly a vydaly tón. Pro všechny píšťaly musí být dostatek vzduchu. Tlak nesmí kolísat, protože jeho změna má za následek rozladění píšťal. Z tohoto důvodu se v nástroji řeší všechny zvukové poměry tak, aby nedocházelo ke kolísání zvuku. Tlak je nejdůležitější veličinou ve varhanách. Měří se vodním manometrem. Jedná se o skleněnou trubici ve tvaru U, v níž je napuštěna voda tak, aby hladiny v obou ramenech byly na úrovni střední rysky. Vzduch zavedený do jednoho ramene tlačí vodu do druhého ramene přes dolní ohyb. Rozdíl hladin udává tlak. Tento rozdíl hladin, měřený v mm, odpovídá tlaku vzduchu v měchu a udává se právě v milimetrech vodního sloupce (1 mm WS odpovídá asi 9,82 Pa). Ve varhanách se používají běžně dva tlaky vzduchu - normální, v rozsahové stupnici 30 až 120 mm WS a vysoký, v rozsahu 200 až 650 mm WS. [5] [10]

Vzduch je kromě samotného zvukového účinku v píšťalách také používán jako hnací energie u pneumatické traktury. Spojení hracího stolu se vzdušnicemi hliníkovými nebo plastovými trubičkami, u kterých tlakový vzduch ze stolu představuje povel pro vzdušnice.

Vzduchové hospodářství má několik částí - zdroj stlačeného vzduchu (čerpadla), zásobníku vzduchu (měchu) a vzduchovodů. Základním prvkem je pak měch, který nejen zajišťuje stálou dodávku stlačeného vzduchu, ale současně je i jeho zásobníkem. Umožňuje stlačit vzduch na požadovaný tlak a hnát jej konduktu ke všem spotřebičům. [10]

Čerpací funkce byly nejprve provedeny pomocí jediného měchu, načež se pro zvýšení účinnosti konstrukčně rozdělily na čerpací a zásobníkové měchy. Dříve se vzduch zpravidla čerpal šlapáním na páky klínového měchu. Osoba takto pohánějící měch se nazývala kalkant. V nynější době jsou čerpací měchy a tím i lidská práce nahrazeny elektrickým ventilátorem.

Součástí vzduchové soustavy varhan je i pomocné zařízení nazývané tremolo (tremulant), které prostřednictvím periodického rozkolísání tlaku vzduchu pro píšťaly způsobí stejné rozechvění zvuku nástroje, tzv. tremolování. [10]

Varhanní měchy lze rozčlenit na měchy jednodílné a měchy složené (dvoudílné).

2.4.1 Jednodílné měchy

Je to zařízení plnící náraz dvě funkce - čerpání vzduchu a jeho shromažďování. Aby byla zajištěna nepřetržitá dodávka vzduchu, používaly se v nástroji minimálně dva měchy tohoto typu. Nevýhodou bylo, že v době nasávání vzduchu do měchu se cyklicky měnil tlak. To způsobovalo rozladování nástroje a změny intonace píšťal. Aby byl tlak udržen na potřebných hodnotách, byly varhany vybaveny celou soustavou těchto měchů, které vhnaly vzduch do společného vzduchovodu.

Z konstrukčního hlediska lze dále jednodílné měchy rozdělit na klínové, vodorovné (rovnoběžné) a skříňové. [10]

2.4.2 Dvojdílné měchy

Jak již název napovídá, jedná se měch tvořený dvěma částmi. Jedna slouží k čerpání vzduchu a druhá k jeho akumulaci. Jeden dvojdílný měch je schopný obstarat souvislou dodávku vzduchu a neměnicím se tlaku. Je schopen pojmout podstatně větší objem stlačeného vzduchu než jednodílné měchy, udržuje tedy stálou zásobu i při větších odběrech. Tlak na výstupu není závislý na stupni naplnění a je v celém rozsahu konstantní. [10]

Používají se dva typy dvojdílných měchů - zásobníkový a plovákový.

2.4.3 Elektrický ventilátor

V současné době nahrazuje funkci čerpacího měchu a práci kalkanta. Slouží ke stlačování vzduchu a jeho čerpání do zásobníku, ze kterých se pak napájí všechny spotřebiče. Elektrický čerpač se používá jak u nových píšťalových varhan, tak po modernizaci nástrojů historických. V obou případech se ale používají i čerpací měchy, které je možné použít jako zdroj při poruše ventilátoru či výpadku elektrické energie. [10]

Nevýhodou ventilátoru je, že nedokáže dodat potřebné množství vzduchu o stálém tlaku. Bohužel neexistuje žádný způsob regulace tlaku vzduchu ventilátoru, protože není schopen s dostatečnou rychlostí zajistit jeho stabilizaci, je navíc proměnný a závislý na velikosti odběru. Proto se využívá přímé spojení vzduchového čerpadla se samostatným akumulacním zásobníkem. [10]

2.5 Píšťaly

Píšťaly tvoří hlavní zdroj zvuku varhanního nástroje. K jejich výrobě se podle barvy zvuku používá dřevo či kov. Dřevěné jsou měkčí, kovové pak pevnější a jasnější. Za nejlepší rezonanční dřevo se považuje smrk, který roste v drsných klimatických podmínkách. I přesto se však lze setkat s různými druhy dřeva. Kovové jsou obvykle z tzv. varhanního kovu, což je slitina cínu a olova, popřípadě ze zinku nebo mědi. [1]

Výška tónu píšťaly závisí na délce jejího těla. Dlouhá píšťala vydává hluboké tóny, krátká naopak vysoké. Velikost otevřených varhanních píšťal se udává ve staré délkové míře - stopách. Rejstřík, jehož tóny zaznívají v poloze udané notami, má 8 stop (8'), tzn. základní polohu a nejhlubší píšťala tohoto rejstříku má délku zhruba 260 centimetrů. Nejvyšší tón pak má píšťala s délkou pouze několik milimetrů. [1]

Lze je rozdělit podle tvaru na pravoúhlé a okrouhlé. Dle způsobu vzniku zvuku se člení na píšťaly retné (labiální), kdy tón vzniká ve štěrbině mezi rty píšťaly a jazýčkové (linguální). U nich je tón vytvářen kmitáním pružného jazýčku. Retné rejstříky u varhan vždy převažují, jazýčkové jen doplňují zvukové barvy nebo nejsou v nástroji vůbec. [10]

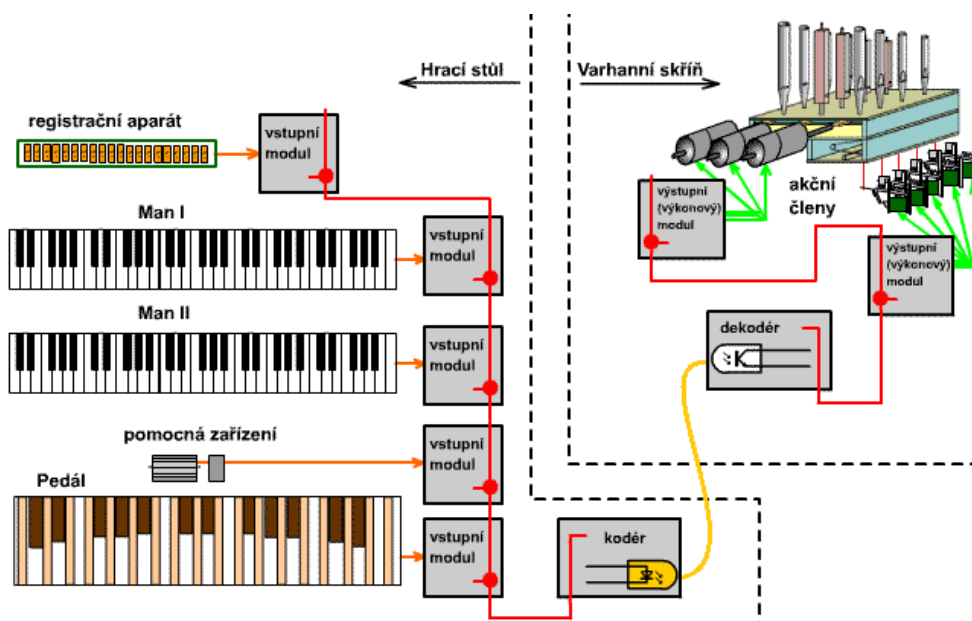
3 ELEKTROINSTALACE VARHANNÍHO NÁSTROJE

Podobně jak si razila elektřina do domácností a průmyslu, začala hledat cesty i do oblasti varhan a to už v prvních desetiletích 20. století. V dnešní době může být elektroinstalace rozmanitá, ať už se jedná o osvětlení, vytápění, použití elektrického ventilátoru či přímo elektrického ovládání traktury nástroje. Nese to sebou i jistá rizika - jelikož jsou píšťalové varhany ve většině případů staré i několik století, jedná o historické dílo někdy až nevyčíslitelné hodnoty. Proto musí elektroinstalace kůru splňovat základní požadavky na bezpečnost z hlediska nebezpečí úrazu elektrickým proudem a nebezpečí vzniku požáru. Z těchto důvodů musí být navržena a provedena v souladu se současným stavem techniky, normami a související legislativou při respektování funkčního, ergonomického a estetického stanoviska.

Tato kapitola se bude zabývat jednotlivými elektrickými prvky a instalací varhanního nástroje, potažmo i celého kůru.

3.1 Elektrická traktura

Na začátcích se nejprve používaly nástroje elektropneumatické a teprve později čistě elektrické a kombinované zvláště s mechanicky ovládanou trakturou. Elektrické ovládání sebou přineslo precizní chod, rejstříková traktura mohla být doplněna o optickou signalizaci různého konstrukčního provedení. Namísto tahálek volných kombinací se instalují paměťové kombinace výrazně zjednodušující a zpřehledňující obsluhu rejstříkové traktury. Jejich paměťová kapacita bývá velká a počet kombinací dosahuje několika desítek až stovek. Obvykle jsou založeny na elektromechanickém principu a využívají paměťových relé. [5]



Obr. 3.1 Zjednodušené blokové schéma nástroje s elektrickou trakturou [10]

Starší konstrukce elektrické traktury měly propojení realizované elektrickými vodiči mezi každým řídicím a akčním členem. To znamenalo, že hrací stůl byl se skříní nástroje propojen kabelem, který obsahoval až stovky vodičů. Takovéto propojení bylo náročné jak na výrobu, tak i na údržbu či hledání příčiny poruchy. V nynější době jsou vstupní moduly, umístěné v hracím stole, navzájem propojeny pomocí sběrnice, která pak přenese signály o stavu ovládacích prvků stolu ke kodéru (multiplexer). Ten zpracuje dané informace a dál je posílá přes vodič, popřípadě optický kabel nebo bezdrátově do skříně nástroje dekodéru (demultiplexer), jenž informace rozšiřuje a přes výkonové moduly rozesílá elektrické impulsy na odpovídající akční členy. Kodér i dekodér jsou zařízení pracující na bázi mikropočítače, jejichž činnost lze dodatečně upravit, aniž by se měnilo zapojení hracího stolu. [10]

3.1.1 Komponenty elektrické traktury

Součástky elektrické traktury jsou běžně dostupné komponenty používané v elektrických obvodech a zařízeních. Základním fyzikálním principem tohoto typu traktury je elektromagnetický jev. Ten je využíván v elektromagnetu - základním výkonovém prvku elektrické traktury. K jeho činnosti je nutné napájení elektrickým proudem, který k němu přivedeme ze zdroje přes vedení, spínače, relé či stykače, svorkovnice či konektory. [10]

Elektrická traktura je v dnešní době napájena zdrojem stejnosměrného proudu o napětí 6 - 24 V. V minulosti se používalo dynamo spojené s motorem ventilátoru pro čerpání vzduchu do měchu. Dnes napájení tvoří většinou transformátor s diodovým usměrňovačem nebo zdroj spínaný. Nevýhodou je závislost traktury na elektrickém zdroji, proto při výpadku energie musí být k mání záložní zdroj. Ten většinou tvoří akumulátory trvale dobíjené při běžném provozu. Výhodnější se jeví řešení napájení traktury varhan a případně i ventilátoru měchu z havarijního záložního zdroje pro osvětlení a ventilaci budovy. Takový zdroj je většinou řešen kombinací akumulátorů se střídačem a motorgenerátorem a je spolehlivější. [10]

Elektrická energie je rozváděna skrz elektrické vodiče. Používají se měděné kabely různého průřezu v závislosti na velikosti procházejícího proudu. Hrací stůl bývá propojen s nástrojem vícežilovým kabelem či kabely. Dříve, z důvodu odolnosti proti poškození nepřiliš kvalitní izolace předřením či hlodavci, se používal pancéřový kabel s ochranou pomocí navinutých kovových pásek pod poslední vrstvou izolace.

Tab. 3.1 Měděné vodiče používané pro jednotlivé elektromagnety při napájecím napětí 12 V [5]

Průřez vodiče (mm ²)	proud 0,36 A	proud 0,2 A
	Maximální délka (m)	
0,5	25	40
0,75	30	60
1	85	160
1,5	105	210

Tab. 3.2 Maximální dovolený procházející proud vodičem v závislosti na jeho délce a průřezu [5]

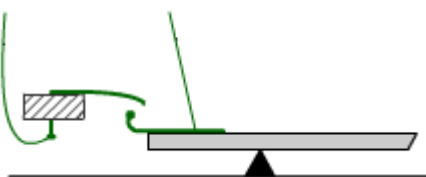
Max. délka (m)	Průřez vodiče (mm ²)								
	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50
10	3	10	10	24	40	64	100	140	200
20	3	5	6	12	20	32	50	70	100
30	2	3,3	5,3	8	13,3	21	33	46	66
40	1,5	2,5	4	6	10	10	25	35	50
50	1,2	2	3,2	4,8	8	14	20	28	40
60	1	1,35	2,2	4	6,6	10,6	16,5	23	33

Zařízením, které řídí chod celé traktury, jsou kontakty, spínače, vypínače a přepínače různého typu. Většinou se jich obsluha nedotýká přímo, ale jsou součástí kláves, sklopek, páček či tahálek. Funkcí všech kontaktů je uzavírání či přerušování elektrického obvodu.

Správnost a spolehlivost jejich funkce je především závislá na vlastnostech použitých materiálů. Nepříznivě na ně působí vnější vlivy, hlavně nečistoty, vlhkost a agresivní páry. Aby se předešlo zhoršování elektrických vlastností kontaktů, vyrábějí se většinou z ušlechtilých materiálů, odolných proti oxidaci (zlato, stříbro, platina) a konstrukčně se upravují tak, aby se místo styku dvou kontaktů v okamžiku sepnutí po sobě mírně pohybovalo, čímž se cizí vrstvy bránící průchodu proudu naruší a setrou. Dalším problémem je postupné opalování kontaktů. Při rozpojování kontaktů vzniká elektrický oblouk, který způsobuje miniaturní tavení povrchu, kdy pak na něm vznikají nerovnosti a zmenšuje se jeho styková plocha, načež po delším čase přestává kontakt spolehlivě spínat elektrický obvod a je nutné jej vyměnit. Je proto snaha tomu zabránit použitím odolných materiálů (stříbro, iridium), konstrukční úpravou kontaktu (rychlý odtrh) a dodatečnými elektrickými prvky, připojenými paralelně ke kontaktu (kondenzátory, odpory). Ty v okamžiku rozpojení kontaktu převezmou na zlomek sekundy proud tekoucí kontaktem a zabrání tak vzniku oblouku. U nejnovějších nástrojů jsou některé kontakty nahrazeny optoelektronikou umožňující bezkontaktní spínání na principu přerušení světelného paprsku clonou. U tohoto spínání všechny výše uvedené problémy odpadají, nevýhodou nemusí být ani zatím poněkud vyšší cena, která se brzy vrátí díky vyšší spolehlivosti a menší potřebě údržby. [10]

Při stavbě nástrojů se používá nesčetný počet různě řešených kontaktů. Proto budou uvedeny pouze základní a nejvíce používané.

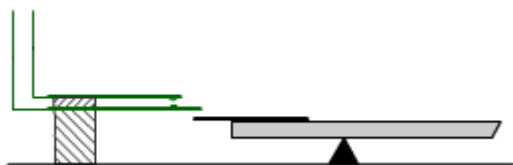
Velmi jednoduchý je kontakt, jehož nepohyblivá část je připevněna na nevodivém materiálu, nejčastěji dřevě a druhá k pohyblivé páce či klávěse. Při jeho pohybu se na své dráze setká s pevným



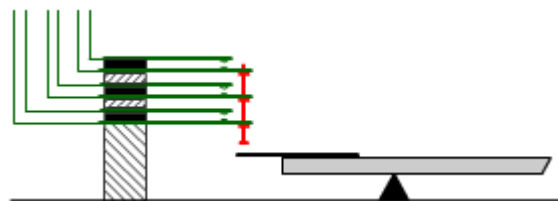
Obr. 3.2 Jehlový spínač [10]

kontaktem a uzavře tak elektrický obvod. Nevýhodou tohoto řešení je nutnost přivedení proudu k pohyblivému kontaktu pomocí ohebného vodiče či pásky. Tento kontakt je nazýván jehlový. Ta může být pouze jedna nebo obsahovat sadu jehel, které spínají nezávislé obvody, třeba spojky. [10]

Dalším je kontakt tvořený pérovým svazkem, pružnými pásky upevněné v nevodivé opoře. Klávesa v tomto případě přes pružnou páku jen pohybuje jedním z per, sama nepotřebuje zvláštní přívod elektrického proudu. Složitější konstrukce tohoto typu dovoluje jednou klávesou ovládat několik nezávislých kontaktů. Takové kontakty jsou opět potřeba u složitějších nástrojů se spojkami.

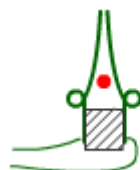


Obr. 3.3 Pérový kontakt [10]

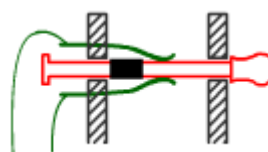


Obr. 3.4 Kontakt s třemi ovládacími svazky [10]

Používaný je také kontaktní prvek představující dvojici pružin kulatého průřezu nebo ve formě pásků, které jsou v klidu mírně rozevřeny. Zasune-li se mezi ně vodivý kolík, může proud procházet cestou pružina - kolík - druhá pružina. Podobným typem používaným v rejstříkové traktuře je trn spojený s táhlem či páčkou, na kterém je připevněn kovový prstenec. Při posunutí táhla se kroužek dostane mezi pára kontaktů a uzavře tak elektrický obvod. [10]



Obr. 3.5 Pružinový kontakt [10]



Obr. 3.6 Táhlový spínač [10]

V současné době se však používají modernější řešení umožňující konstrukci hracího stolu značně zjednodušit a zlepšit jeho užité vlastnosti a celkovou spolehlivost.

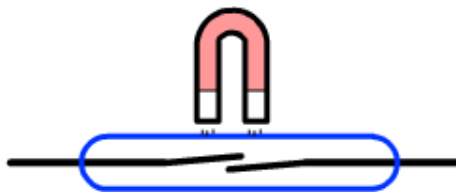
Například v případě optoelektrického bezkontaktního spínání se používají tzv. optozávory. Jsou to elektrické součástky, u kterých se sepnutí či rozepnutí výstupu docílí přerušením nebo odcloněním světelného paprsku. Každá taková závora se skládá ze dvou částí - vysílací, jenž obsahuje určitý zdroj světla (v dnešní době nejčastěji LED diodu pracující v neviditelném spektru) a přijímací polovodičový prvek, fotodioda či fototranzistor, měnící svoji vodivost v závislosti na změně světelného toku. O přerušování paprsku mezi vysílací a přijímací součástmi se stará clonka pohybující se ve štěrbině mezi LED a fototranzistorem. Pokud clonka zastíní paprsek od zdroje světla ke snímači,



Obr. 3.7 Optoelektrická závora [10]

přestane jím téci proud, navazující obvod tento stav vyhodnotí a předá dále k obvodům, které provedou příslušnou akci. Jelikož optoelektronický spínač nemá žádné pohyblivé součásti, je provozně spolehlivý, nedochází tolik k jeho opotřebování a tím pádem nevyžaduje žádnou údržbu.

Dalším typem spínače s vysokou životností a spolehlivostí je magnetický jazýčkový kontakt. Tvoří ho dvojice pružných jazýčků, které jsou zataveny ve skleněné trubičce naplněné inertním plynem. Kontakt se spíná přiblížením magnetu nebo sepnutím proudu do cívky elektromagnetu v jeho blízkosti a tím dojde ke zmagnetování konců jazýčků, jejich vzájemnému přitáhnutí a následnému uzavření obvodu. [10]

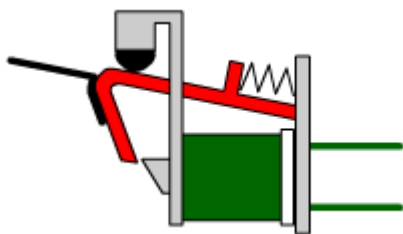


Obr. 3.8 Jazýčkový kontakt [10]

Na opačném konci elektrické traktury jsou připojeny akční členy, které vykonávají činnost nařízenou zmíněnými kontakty. Jedná se většinou o elektromagnety, avšak lze se potkat i se servomotory.

Elektromagnet se ve většině případů skládá ze dvou částí - cívky navinuté s izolovaným drátem a jádrem z měkkého feromagnetického materiálu. Přiložené napětí k vývodům cívky způsobí průtok elektrického proudu a vznik magnetického pole kolem jednotlivých závitů. Pole se díky vlastnostem materiálu koncentruje v jádře elektromagnetu a způsobuje přitažení předmětů z materiálů na bázi kovů. Sílu přitahu lze zvýšit vhodným tvarem jádra. Po odpojení proudu magnetické pole zanikne a dosud přidržované předměty odpadnou.

Ve varhanářství se asi nejvíce používá páčkový elektromagnet, kdy je cívka nasazena na železné jádro a pólový nástavec jádra kloubově spojen se speciálně tvarovanou pohyblivou kotvou. Protéká-li proud cívkou, kotva v podobě jednoramenné páky se přitáhne k jádru. Díky tvaru páčky kotvy nedojde během pohybu k přímému styku - nárazu kotvy do jádra magnetu, takže celek pracuje téměř bezhlučně. Páčka slouží ke spojení elektromagnetu s dalším prvkem nástroje, například ventily. [10]

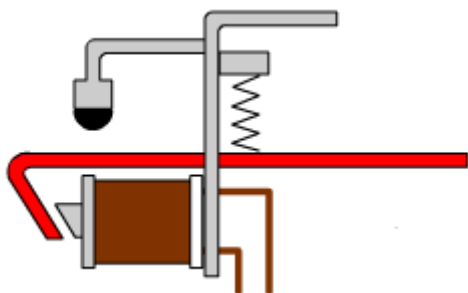


Obr. 3.9 Páčkový elektromagnet [10]



Obr. 3.10 Páčkový elektromagnet Laukhuff [26]

Také se používají páčkové elektromagnety mírně odlišné konstrukce. Páčka tvoří dvouramennou páku.

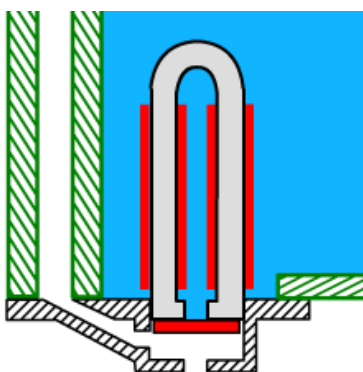


Obr. 3.11 Dvouramenný elektromagnet [10]



Obr. 3.12 Dvouramenný magnet Laukhuff [26]

Častým řešením, používaným u nástrojů pouze s elektrickou trakturou, je spojení elektromagnetu přímo s ventilem. Magnety se montují dovnitř vzdušnice přímo k píšťálám. Každá z píšťál má tedy svůj elektromagnet, jenž přímo uzavírá či otevírá přítok vzduchu do kanálku v píšťalnici pod píšťálou. Ve smíšené traktuře, nejčastěji elektropneumatické, se používá elektromagnetický ventil typu „Reisner“. Jedná se o zařízení, sestavené na základě elektromagnetu s jádrem ve tvaru obráceného písmene U a vlastního ventilu tvořeného kovovým diskem pohybujícím se ve speciálním pouzdře. Právě pohyb tohoto disku, ovládaný elektromagnetem, řídí tok vzduchu kanálky v pouzdře. [10]



Obr. 3.13 Elektromagnet Reisner [10]

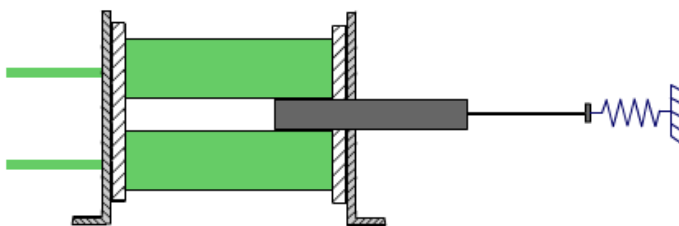


Obr. 3.14 Elektromagnetický ventil [26]

Pohyb komponentů rejstříkové traktury vyžaduje celkově silnější a rozměrnější elektromagnety. Využívají se i servomotory. V současné době se ve varhanářství v odůvodněných případech používá k rozpohybování větších částí traktury, třeba zásuvek na vzdušnicích pedálových rejstříků.

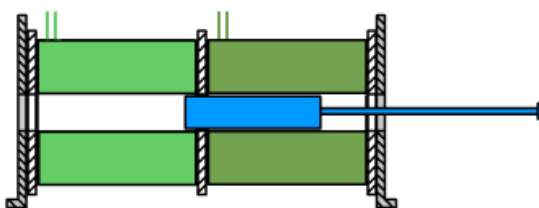
Jednoduchý tyčový magnet po připojení proudu do cívky vtáhne jádro do dutiny cívky. Po vypnutí proudu zanikne síla, která jádro držela v dutině a magnet se do původní polohy může vrátit jen působením vnější síly, tj. pružinou nebo závažím. Pokud má připojený mechanismus setrvat v poloze, ve které je jádro vtaženo do cívky, musí být magnet po celou tuto dobu napájen ze zdroje. Dvojitý tyčový (sací) magnet dovoluje střídavým zapojováním jedné či druhé cívky jádro přesouvat v dutině mezi nimi tam i zpět. Elektrickou energii tedy potřebuje jen po dobu přesunu. [10]

Tažná síla magnetů je opravdu velká - jednoduchý tyčový magnet dokáže tahem přesunout až 7,5 kg, dvojitý pak 4,6 kg.



Obr. 3.15 Jednoduchý tyčový magnet [10]

Nevýhodou takovýchto magnetů je, že tažná síla není v celé dráze pohybu kotvy konstantní, ale narůstá s vtažením jádra do cívky. Ke konci pohybu tedy magnet dosedne na mechanický doraz značnou silou, což způsobuje jednak nepříjemné mechanické rázy na ovládané zařízení, jednak může být příčinou značného hluku. Proto je dnes výrobci doplňují elektronikou a mechanickým dorazem s tlumením. [10]



Obr. 3.16 Tyčový magnet dvojitý [10]

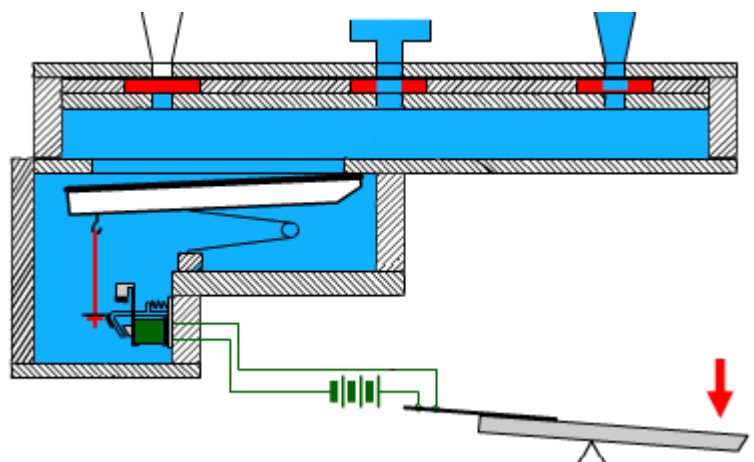
Při navrhování přívodních kabelů, jištění a celkového mechanismu elektropneumatické či elektrické traktury je potřeba znát nejen napětí, při kterém elektromagnety pracují, ale i jejich proudy, popřípadě odpor.

Tab. 3.3 Parametry výkonových magnetů [5]

typ magnetu	pracovní proud (A)	odpor (Ω)
páčkový jednoramenný	0,4	35
páčkový dvouramenný	0,19	75
elektromagnet „Reisner“	0,16	90
tyčový magnet jednoduchý	3,5	4
dvojitý tyčový magnet	3	4,6
sklopkový magnet rejstříkový	0,56	25

3.1.2 Elektrická tónová traktura

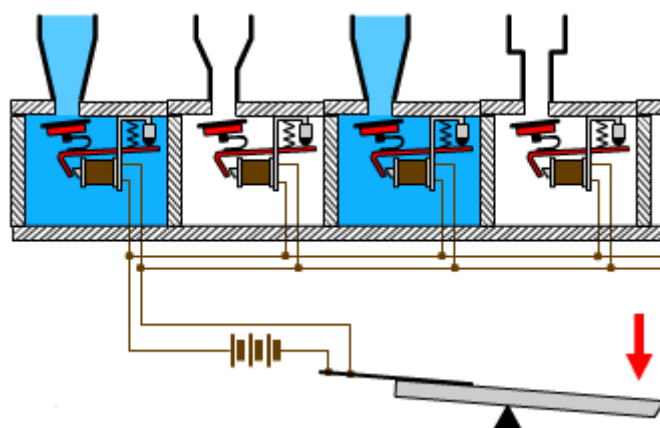
Elektrická tónová traktura je soustavou prvků, které slouží k přenosu pohybu klávesy v hracím stole na odpovídající pohyb ventilů ve vzdušnici nástroje. Všechny elektromagnety jsou připevněny uvnitř vzduchovodu. Každý tón (ventil) má svůj magnet, který je spojen s odpovídajícím řídicím spínačem v hracím stole párem vodičů, v dnešní době se již používá optický kabele nebo bezdrátově.



Obr. 3.17 Příklad ovládání tónového ventilu [10]

Sepnutí kontaktu uzavírá elektrický obvod. Proud tekoucí v přívodech mezi hracím stolem a nástrojem předá tento řídicí impuls příslušnému akčnímu členu ve vzdušnici. V tomto případě je to páčkový elektromagnet spojený táhlem s klapkovým tónovým ventilem. Zapůsobení magnetu vyvolá pohyb kotvy s připevněnou páčkou a následné odklopení klapky ventilu od otvoru ve vzduchovodu. Stlačený vzduch z něj tak může proudit do tónové kancely a v případě zapnutých rejstříků dále do píšťal. [10]

Dalším použitím je spojení vzdušnice s rejstříkovými kancelami. Pedál nebo klávesa při spojení kontaktů ovládá všechny ventily jednoho tónu ve vzdušnici.

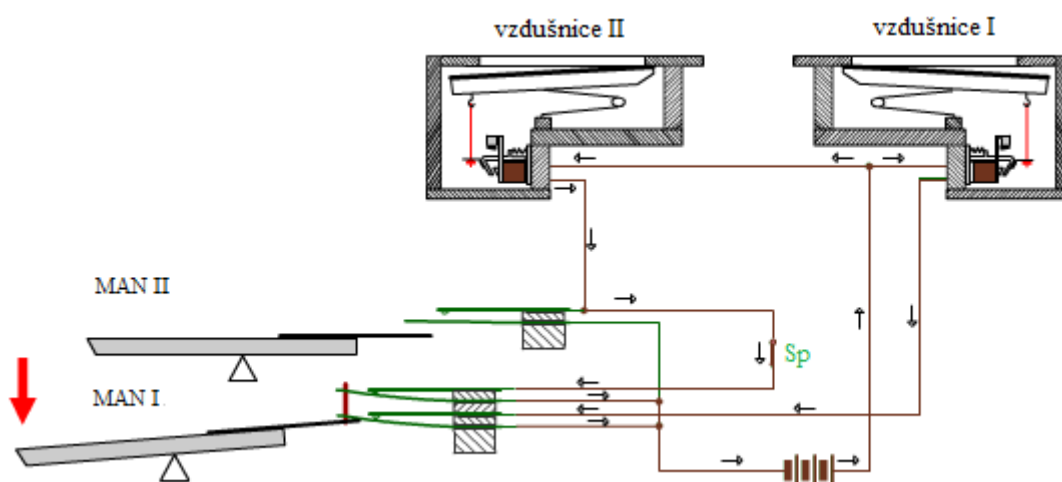


Obr. 3.18 Ovládání tónového ventilu ve vzdušnici [10]

I přesto, že jsou otevřeny ventily všech hlasů stejného tónu, vzduch se žene jen do píšťal zapnutých rejstříků, tedy těch, jejichž rejstříková kancela je naplněna stlačeným vzduchem přes rejstříkový ventil. Toto uspořádání potřebuje větší počet magnetů než předchozí příklad, poněvadž nejen každý tón, ale také každý hlas téhož tónu musí mít svůj magnet. Magnetů je tedy zjednodušeně tolik, kolik je píšťal. [10]

Nejdůležitějšími funkcemi uskutečněnými v rámci tónové traktury jsou spojky. Ty zajišťují propojení několika klaviatur navzájem, připojení tónů či rejstříků k jiné poloze nebo z jiného stroje. Celková realizace spojek je relativně jednoduchá, spočívá v elektrickém propojení obvodů traktur spojovaných tónů. Vlastní propojení se provede sepnutím kontaktů spojkového aparátu. Konstrukce spojkového ústrojí může být elektromechanická (pomocí elektromagnetu s více kontakty) nebo elektronická (pomocí diod nebo tranzistorů).

U nejzákladnějšího ovládání elektrické traktury klávesa spíná kontakt a ten následně elektromagnet, který otevře tónový ventil. Stisk klávesy každého z manuálů způsobí otevření příslušného ventilu v odpovídající vzdušnici. Pokud jsou ale dva a více manuálů, je nutné k jednomu z nich přiřadit další pár kontaktů. Zde je mechanicky spojen s pérovým kontaktem prvního manuálu. Spínač Sp je kontakt spojky sloužící k jejímu zapínání a vypínání a je samostatný pro každý spojovaný tón (klávesu). Jen tak může být zajištěno oddělení obvodů kláves navzájem. [10]



Obr. 3.19 Ovládání spojkového aparátu dvou manuálů [10]

Zmáčknutím klávesy manuálu I se tedy otevře v závislosti na stavu spínače Sp buďto ventil ve vzdušnici I nebo oba dva ventily ve vzdušnicích I a II ve stejném okamžiku. Jednosměrnost spojky je zajištěna oddělením obvodů druhým kontaktem u klávesy prvního manuálu. Bez ohledu na polohu spínače Sp klávesa manuálu II ovládá pouze ventil ve vzdušnici II, pokud není klávesa u manuálu I stisknuta, obvody jednotlivých vzdušnic jsou navzájem izolovány rozpojeným kontaktem na klávese. [10]

Zvláštním případem je pak systém skříňové (unitové) traktury. Zde se využívá pouze elektrických spojek, protože jsou konstrukčně nejjednodušší. Ovládání rejstříků se u unitového nástroje děje stejně,

jako zapínání spojky u varhan vystavěných. Každý ovladač rejstříku zapíná spojkové relé, které má tolik kontaktů, kolik je kláves. Toto relé připojí klaviaturu na příslušný úsek píšťalové řady.

U novodobějších systémů elektrických traktur s umístěným kóděm v hracím stole je nastavení spojek už jen záležitostí programu kodéru. [10]

3.1.3 Elektrická rejstříková traktura

Podobně jako u tónové traktury, je rejstříková elektrická traktura systémem prvků, jenž slouží pro přenos informací od ovladače rejstříku v hracím stole k danému prvku ve vzdušnici. Na začátku traktury je kontaktní či bezkontaktní spínač řízený pohybem rejstříkového ovladače. Díky tomu, že jsou pomocné obvody složené z elektrických částí, například volné kombinace, kolektivy či crescendo, mnohokrát jednodušší než u jiných druhů traktur, může elektrická rejstříková traktura obsahovat více takovýchto zařízení. [10]

Typů rejstříkových ovladačů je několik, nejvíce používaný je ale v provedení ve formě sklopky (překlopného spínače s dvěma stabilními polohami). Ten je pak konstrukčně spojen se spínačem, který ovládá odpovídající elektromagnet ve vzdušnici.

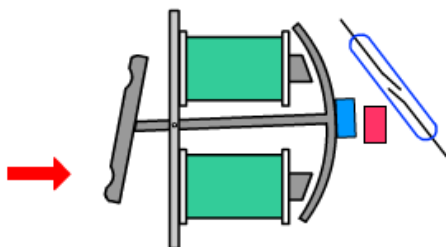


Obr. 3.20 Sklopka s pérovým kontaktem [26]



Obr. 3.21 Sklopka s optozávorou [26]

Jak se vyvíjela elektronika, postupně se přecházelo od programování kombinací pomocí spínačů nad sklopkou, jak tomu bylo dříve u pneumatické traktury, k jiným řešením. Kombinace se nastavují přímo pomocí sklopek (tzv. Setzer) či nejnověji třeba pomocí registračního počítače. Aby měl varhaník dostatečný přehled o použitých rejstřících a ovládání bylo co nejjednodušší a nejnázornější, používá se rovnou druhé, zadní ovládání sklopky pomocí dvojice vestavěných elektromagnetů. Sklopku lze tedy ovládat ručně nebo elektricky pomocí magnetů.



Obr. 3.22 Sklopka s elektromagnety [10]

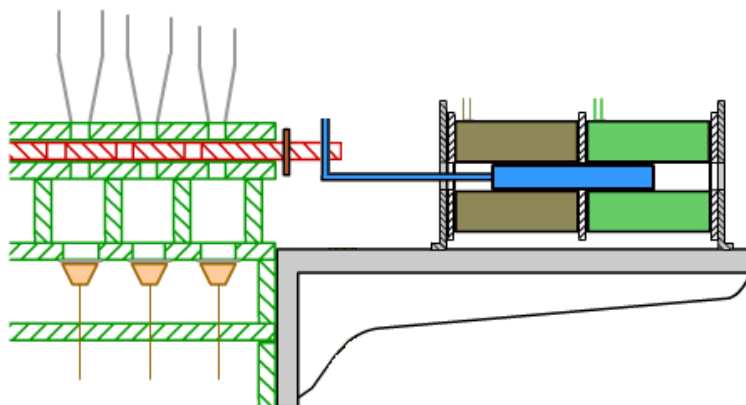


Obr. 3.23 Sklopka Laukhuff s magnety [26]

Pokud se po zapnutí nastavené kombinace sklopky automaticky překlápí do naprogramované polohy, varhaník má ihned vizuální přehled o právě sepnutých rejstřících. Ruční i elektromagnetické ovládání je rovnocenné a podle nastavení logiky i na sobě nezávislé.

Na druhém konci traktury je akční člen, který vykoná práci nařízenou rejstříkovým ovládačem. Pro ovládání rejstříkových ventilů se používají nejčastěji elektromagnety páčkové. Na rozdíl od magnetů v tónové traktuře musí být však výkonnější, poněvadž rejstříkový ventil je větší, hmotnější a působí na něj v kancele stlačený vzduch s větším odporem, tudíž pro jeho otevření je nutné zapůsobit větší silou.

U zásuvkových vzdušnic je k ovládání rejstříku nutné měnit polohu zásuvky jejím přesouváním. Potřebná dráha přesunu se liší podle konstrukce vzdušnice a velikosti píšťal. K tomu lze použít dva druhy elektromagnetů - jednoduchý tyčový nebo dvojitý sací tyčový magnet či malé servomotory. Dříve se používaly elektropneumaticky ovládané klínové anebo membránové měchy, jejichž nevýhodami byl nepružný chod, hluchost, velké rozměry a složitá výroba. Dnes se používají nejčastěji dvojčinné magnety, které tyto nevýhody nemají. [5] [10]



Obr. 3.24 Ovládání zásuvky pomocí dvojitého magnetu [10]

3.2 Elektrický ventilátor

Jedná se o rotační lopatkové stroje, které jsou určeny k dopravě vzduchu při malých kompresních poměrech. V podmínkách výroby píšťalových varhan se užívá nízkotlakých radiálních ventilátorů.

Základem každého dmychadla je oběžné kolo s lopatkami, jenž je umístěno uvnitř komory, tzv. spirální skříně. Oběžné kolo, čili rotor ventilátoru, je nasazeno na hřídeli poháněcího stroje a tvořeno dvojicí kotoučů, mezi nimiž jsou po jejich obvodu připevněny lopatky, kterých je několik desítek a spolu s jejich tvarem a úhlem klopení udávají základní vlastnosti ventilátoru, hlavně hluchost a účinnost.

Ventilátory pracují na centrifugálním principu. Rozpohybováním vzduchu uvnitř skříně dochází k jeho vytlačování díky působení odstředivé síly na částice vzduchu. U středu oběžného kola se tak vzduch zředí a po obvodu stlačí. Spirální komora, ve které se rotor otáčí, je vytvářena tak, aby

umožňoval přivádět ke středu rotoru sacím otvorem vzduch z okolí a stlačený vzduch z obvodu kola vytlačit do výstupního výfukového otvoru. [10]

Jako pohon ventilátoru se používá asynchronní motor, nejčastěji napájený třífázově. Ložiska motoru jsou kluzná s volným mazacím kroužkem, aby bylo dosaženo co nejtiššího chodu. K zajištění dlouhodobého bezporuchového chodu ventilátoru přispívá především klidný chod s minimálním chvěním. Ve skutečnosti jde toho těžkou dosáhnout. Je to způsobenou budícími silami, které kmitání vyvolávají. Příčina vzniku těchto sil může být různá, například funkčního charakteru nebo v nerovnoměrném rozložení hmot rotoru ventilátoru k ose jeho rotace, která je určena ložisky. Aby byl chod ventilátoru naprosto klidný, musela by být osa rotace otáčejícího se rotoru totožná s hlavní osou setrvačnosti. Nevyváženost rotujících částí obvykle převládá nad ostatními vlivy a způsobuje rozkmitání ložiskových stojanů, základových rámců a může být dále přenášen do okolí. [5]

Hluk ventilátoru má dvojí původ - mechanický, který vzniká od vibrujících součástí ventilátoru např. již zmíněným vlivem nevyvážených rotujících hmot rezonujících částí krytu atd. a aerodynamický, vznikající při proudění vzduchu uvnitř konstrukce ventilátoru a jeho příslušenství. Aerodynamický hluk lze snížit jen vhodným návrhem tvaru všech součástí, především oběžného kola a spirální skříně. Úroveň mechanického hluku je závislá na přesnosti a preciznosti výroby jednotlivých součástí a vyvážení rotujících částí. Hluk ventilátoru je limitujícím faktorem pro jeho použití v hudebním nástroji. Často se proto ventilátory kromě výše uvedených konstrukčních úprav opatřují ještě protihlukovým krytem nebo se zavírají do odhlučňené skřínky opatřené zvukovou izolací. Nejčastěji se používá molitan s výstupky sinusového či jehlanového profilu, který dobře utlumuje rušivý zvuk ventilátoru. Uzavření ventilátoru do tlumící bedny na jedné straně snižuje hluk, na druhé straně ale mírně zhoršuje parametry dodávaného vzduchu. Díky zahřívání vzduchu od motoru se ve skříně zvyšuje jeho teplota. [10]

Výrobní postup je relativně složitá záležitost, je náročný na přesnost, proto ventilátory v současnosti vyrábí jen několik firem, převážně zahraničních. Konstrukce motoru je také odlišná od klasických z důvodu minimalizace hluku.



Obr. 3.25 Ukázka výrobních řad elektrických ventilátorů [26]

Různorodé tvarové varianty ventilátoru téhož typu a parametrů jsou výrobci nabízeny především z důvodu snazšího použití ve varhanách z pohledu přizpůsobení prostorového a dále konstrukčního uspořádání navazujících součástí vzduchového hospodářství v podmínkách konkrétního nástroje. Proto je nabídka provedení ventilátorů tolik rozmanitá. Rozdíly jsou nejen v konstrukci (svislá nebo vodorovná osa ventilátoru) a výkonu (tlak a průtok), vybrat lze i způsob napájení (jednofázový či třífázový elektromotor) a úroveň hluku (menší u dražších ventilátorů, které jsou zabudovány přímo v nástroji, větší pro levnější ventilátory v tlumící bedně). [10]

Jak již bylo zmíněno, oběžné kolo je roztáčeno asynchronním elektromotorem s klecovým rotorem. Jeho elektrické parametry musí být přizpůsobeny daným požadavkům, kde má být instalován. Pokud se jedná o motory větších výkonů, musí se doplnit softstartérem nebo přepínáním „hvězda - trojúhelník“, aby se zmenšil proudový náraz a napěťové výkyvy v elektrické síti. Zajišťují tzv. měkké spuštění s cílem krátkodobě omezit krouticí moment, snížit tak zatížení motorů při jejich spouštění a eliminovat namáhání mechanických částí. Přepínání při rozběhu z hvězdy na trojúhelník je vždy zapojeno pomocí tří stykačů, nadproudové ochrany a časového relé. Motorové softstartéry mohou být mechanické nebo elektrické. Mechanické softstartéry slouží obvykle pouze ke snížení krouticího momentu, elektrické navíc zabráňují poklesům napětí v síti a zajišťují plynulé spuštění motoru. Ventilátory by také měly být opatřeny tepelnou ochranou proti přehřátí. V současnosti se používají pro ovládání a současně i jištění kompaktní motorové spouštěče doplněné tepelnou a zkratovou spouští.

Při navrhování instalace je třeba počítat i s obsluhou čerpacího ventilátoru. Pro dálkové řízení se nejčastěji v dnešní době využívá stykačových zapojení a obvodů malého napětí, přičemž ovládací prvek má být, z důvodu lepší ergonomie, umístěn co nejbližší varhaníkovým rukám. Nejlépe někde na hracím stole. Ovšem, může se použít i ovládací nízké napětí. Proudové tekoucí obvodem jsou malé, takže teoreticky nemohou být iniciátorem požáru. V tom případě ale potom není splněna podmínka bezpečnosti před úrazem elektrického proudu.

3.3 Vytápění a osvětlení

Každý varhaník sedící za hracím stolem by v zimě uvítal určité tepelné pohodlí. Proto se při rekonstrukci počítá i s vytápěním lavice.

Pro vytápění varhaníkova místa za hracím stolem se nabízí dvě možnosti. Tím méně otřelým je instalace nízkoteplotního sálavého panelu pod manuálovou klaviaturu přímo naproti lavici varhaníka. Takové topidlo ale potřebuje dostatečně velkou plochu, na kterou má být instalováno, což nemusí být u hracího stolu nástroje splněno. Proto se nabízí druhá, klasická varianta a totiž upevnění topného článku pod sedací plochu lavice. Nevýhodou takového umístění, oproti sálavému panelu, je odrazení tepelného toku od země s následným rozptýlením do okolního prostoru. Infrapanel varhaníka ozařuje přímo. Ať už bude realizována ta či ona varianta, dopřeje hráči komfortní podmínky pro jeho zázemí.

Dříve se například používala tělesa s topným drátem ovinutým kolem železné tyče, která nebyla nijak chráněna proti nechtěnému dotyku, ani vhodná pro instalace na hořlavý povrch. Dnešní

elektrická topení jsou přímo přizpůsobena kostelním podmínkám. Jsou konstrukčně uzpůsobena tak, aby vyzařovala tepelný tok do potřebného směru a nezpůsobovala opalování podkladu. Mají vestavěný termostat a dostatečnou ochranu před nebezpečným dotykem.

Neméně důležité je i osvětlení, varhaník při svém hraní potřebuje vidět na noty či ovládací prvky. Dříve bylo používáno svíček, petrolejových lamp a v nástupu elektrizace standardních žárovek, později pak halogenových zdrojů. Ty však, díky tomu, že vyzařují do okolí kromě světelného toku také hodně tepla, nejsou vhodné k montáži na hořlavé podklady. V dnešní době se používá především nízkoteplotních zdrojů - kompaktních zářivek či LED žárovek. O vhodnosti umístění osvětlení hlavně rozhoduje rozestavění hracího stolu. Obecně by se svítidla neměla připevňovat na varhanní skříň, aby nekazila estetiku nástroje. Nejčastěji se osvětluje notový pult s manuálovou klaviaturou směrovými svítidly upevněnými na stropě, pedál potom pomocí LED pásků, napájených malým napájecím napětím, instalovaných pod klávesami. Ty splňují požadavky nynějších norem o vhodnosti montáže do hořlavých hmot a díky jejich malým rozměrům je lze prakticky upevnit kdekoliv, aniž by citelně zasahovaly do původního stavu nástroje.

Projekt osvětlení musí být vypracován tak, aby byly splněny minimální hygienické požadavky norem na celkovou osvětlenost prostoru.

Topidla a svítidla na hracím stolu se v současnosti ve všech kostelních instalacích řídí pomocí instalačních relé s malým ovládacím napětím cívky 12 V/24 V. Ovladače se pak umísťují do stolu vedle manuálové klaviatury. Typy spínačů jsou různé, výběr vždy záleží na investorovi.

Ochrana spotřebičů se musí provést podle platných norem jističi nebo pojistkami. Výběr jmenovitého proudu jistícího prvku je zcela závislý na výkonu spotřebičů.

4 ELEKTRICKÉ INSTALACE V A NA HOŘLAVÝCH HMOTÁCH

Při provozu elektrických zařízení je nutné počítat s množstvím rizik, která mohou znamenat ohrožení osob, užitných zvířat a ztráty na majetku. Proto jsou v technických normách pro elektrická zařízení uvedeny požadavky na náležitá opatření, kterými se zmíněné riziko sníží na přijatelnou úroveň. Tyto základní pravidla pro návrh, stavbu a revizi elektrického zařízení nízkého napětí určuje česká technická norma ČSN 33 2000-1 ed.2 (Elektrické instalace nízkého napětí - Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice).

Určité zásady z hlediska možného vzniku požáru byly uplatňovány již předpisy ESČ 1950 pod názvem „Zařízení v nebezpečném prostředí“. V té době byla z velké části řešena otázka elektrických zařízení v dřevostavbách a na podkladních materiálech na bázi dřeva. Po více jak šedesáti letech se požadavky zmíněného předpisu změnily a to z několika důvodů. Tím hlavním je neustávající rozvoj elektrotechniky a technologií výroby elektrických zařízení. V dalším je třeba také počítat se změnou používaných stavebních materiálů a hmot.

Ve starých elektrotechnických předpisech ESČ 1950 bylo dřevo definováno jako hořlavý materiál. Z toho vycházel požadavek na elektrické vedení v pancéřových trubkách a na chráněné vodiče s kovovými pláště. Předpisy vyžadovaly zvýšenou opatrnost při průchodech vedení hořlavými stěnami a ochranu vedení z hlediska mechanického poškození, vnějšího působení, dimenzování a jištění. Například, dle ustanovení těchto předpisů bylo nutno oddělovat přístroje od podkladu nehořlavou tepelně izolační podložkou. Stejný požadavek byl poté převzat do ČSN 37 5241. Ta následně byla nahrazena současnou normou ČSN 33 2312 (Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení v hořlavých látkách a na nich). [11]

4.1 Rozdělení stavebních hmot podle jejich hořlavosti

Problematiku vznětlivosti podkladu řeší norma ČSN 33 2312. Hořlavost stavebních hmot vyjadřuje míru, jakou tyto hmoty přispívají k intenzitě požáru. Definice použité v ČSN 33 2312 vycházely z ČSN 73 0862 (Stanovení stupně hořlavosti stavebních hmot), která určovala stupně hořlavosti stavebních hmot laboratorní zkouškou průkaznou v oboru požární bezpečnosti staveb. Tuto normu společně s ČSN 73 0823 (Požárně technické vlastnosti hmot. Stupeň hořlavosti stavebních hmot) poté nahradila ČSN EN 13501-1 (Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň).

Tab. 4.1 Stupně hořlavosti (podle dříve platné ČSN 73 0862) [21]

Nehořlavé	A
Nesnadno hořlavé	B
Těžce hořlavé	C1
Středně hořlavé	C2
Lehce hořlavé	C3

Na základě přijetí souboru evropských norem pro zkoušení a klasifikaci stavebních výrobků bylo nutné původní stupně hořlavosti A až C3 a normu ČSN 73 0862 upravit podle jejich reakce na oheň. Členské státy Evropského výboru pro normalizaci (CEN) mají povinnost přebírat evropské normy, a proto byla zavedena ČSN EN 13501-1. Vzhledem k odlišnosti koncepce evropské normy ohledně klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň oproti stávající koncepci požární bezpečnosti staveb, založené na hořlavosti a šíření plamene, bylo nezbytné zpracovat k nové normě národní přílohu NA. Ta obsahuje převod požadavků stupňů hořlavosti na třídy reakce na oheň pro stavební výrobky kromě podlahových krytin. Příloha však byla změnou Z1 z roku 2005 změněna a posléze i zrušena. [11]

S vydáním nové normy ČSN 73 0810 (Požární bezpečnost staveb - Společná ustanovení) vznikla i přepracovaná ČSN EN 13501-1+A1, ve které je obsažena změna označení tříd reakce na oheň.

Tab. 4.2 Převodník stupňů hořlavosti na třídy reakce na oheň kromě podlahových krytin [22]

Stupeň hořlavosti	Třída reakce na oheň (dle ČSN 13501-1)	Třída reakce na oheň (dle ČSN 13501-1+A1)
A	A1	A1, A2
B	A2	B
C1	B	C
C2	C nebo D	D
C3	E nebo F	E, F

Obdobně řeší normy i šíření plamene po povrchu podlahových hmot. Zde se třídy reakce na oheň nahrazují indexem šíření plamene i_s ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$). [22]

Tab. 4.3 Převod indexu rychlosti šíření plamene na třídy reakce na oheň pro podlahové krytiny [22]

Index rychlosti šíření plamene i_s ($\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)	Třída reakce na oheň
0	A1 _{fl} , A2 _{fl}
$> 0 \leq 50$	B _{fl}
$> 50 \leq 100$	C _{fl}
> 100	D _{fl} až E _{fl}

Tato klasifikace výrobků podle jejich hořlavosti zahrnuje pouze hořlavost daného stavebního materiálu. Nové postupy podle evropské normy hodnotí výrobek jako celek často složený z několika stavebních hmot. Je také posuzováno umístění výrobku, jeho tloušťka, podklad, složení a konečné použití na stavbě. Získáním objektivního výsledku je třeba vycházet z dílčích klasifikací jednotlivých zkoušek. I přesto, že se jedná o komplikovaný a náročnější postup, lze tím získat nejvhodnější

prvek z hlediska bezpečnosti v daném prostředí. Jedním z řešení je zvolit návod pro použití výsledků zkoušek reakce stavebních výrobků na oheň vydanou jako ČSN P CEN/TS 15117. [11]

4.1.1 Zkušební metody

Následující zkušební metody jsou popsány z pohledu zamýšlené klasifikace podle reakce na oheň.

Zkouška nehořlavosti podle ČSN EN ISO 1182 (Zkoušení reakce výrobků na oheň) určuje výrobky, které nebudou přispívat nebo budou přispívat pouze nevýznamně k požáru, a to bez ohledu na způsob jejich konečného použití. Tato zkouška se užívá pro klasifikaci stavebních výrobků do tříd A1, A2, A1_{fl}, A2_{fl}.

Podle ČSN EN ISO 1716 (Zkoušení reakce výrobků na oheň – Stanovení spalného tepla) se stanoví maximální množství tepla uvolněného při úplném shoření výrobku, a to bez ohledu na způsob jeho konečného užití. Využívá se pro klasifikaci výrobků do tříd A1, A2, A1_{fl}, A2_{fl}.

Zkouška jednotlivým hořícím předmětem dle ČSN EN 13823 hodnotí příspěvek výrobku k rozvoji požáru, pokud je tento vystaven tepelnému účinku odpovídajícímu jednotlivému hořícímu předmětu umístěnému v rohu místnosti v blízkosti zkoušeného výrobku. Zkouška se využívá pro rozdělení do tříd A2, B, C a D.

Zkouškou zápalnosti podle ČSN EN ISO 11925-2 (Zkoušení reakce výrobků na oheň – Zápalnost stavebních výrobků vystavených přímému působení) se určí zápalnost výrobku vystaveného působením malého zdroje plamene. Rozdělení do tříd B, C a D, E, B_{fl}, C_{fl}, D_{fl} a E_{fl}.

Norma ČSN EN ISO 9239-1 (Zkoušení reakce podlahových krytin na oheň – Stanovení chování při hoření užitím zdroje sálavého tepla) udává kritický tepelný tok, pod hodnotou kterého se již plameny po vodorovném povrchu nešíří. Platí pro klasifikaci tříd A2_{fl}, B_{fl}, C_{fl} a D_{fl}. [22]

4.1.2 Definice tříd reakce na oheň

Třída A1: Výrobky nepřispívají k požáru v žádném jeho stádiu. Z tohoto důvodu jsou automaticky považovány za vyhovující všem požadavkům pro nižší třídy.

Třída A2: Výrobky vyhovující kritériím ČSN EN 13823 jako pro třídu B, ale navíc za podmínek plně rozvinutého požáru významně nepřispívají ke kalorickému zatížení a tím i dalšímu růstu požáru. Do této kategorie patří hmoty jako například kámen, břidlice, pískovec, žula, beton, cihly, dlaždice, keramika, kovy pro stavební konstrukce, sklo a jiné minerální taveniny, cementové a sádrové omítky, speciální omítkoviny, protipožární nástřiky atp.

Třída B: Jako u třídy C, ale s přísnějšími požadavky. Patří sem desky z anorganických hmot s organickými pojivy nebo s různou povrchovou úpravou jako například sádrokarton, dřevocementové desky, neměkčený PVC, skelný laminát atd.

Třída C: Jako u třídy D, ale navíc při tepelném působení jednotlivého hořícího předmětu vykazují omezené rozšíření plamene. Lze sem zařadit např.: tvrzený papír, desky z organických vláken, laminátové podlahy, listnatá rostlá dřeva, desky z vrstveného dřeva.

Třída D: Výrobky vyhovující kritériím pro třídu E a schopné odolávat působení malého plamene po delší dobu bez jeho významného rozšíření. Kromě toho jsou také schopny odolávat působení tepla od jednotlivého hořícího předmětu za podstatného zpoždění a omezení uvolňování tepla. V tomto případě se jedná o jehličnatá dřeva, dřevotřískové desky, korkové desky a parkety a jiné.

Třída E: Výrobky schopné odolávat působení malého plamene po krátký časový interval bez významného rozšíření plamene. Mezi ně patří: dřevotřískové a pilinové desky, desky z rostlinných hmot, lineární a lehčený polyetylén, polymethylakrylát, polystyrén, měkčený a tuhý polyuretan, pryžové folie, foliové podlahoviny z plastů, tkané podlahové textilie a další.

Třída F: Výrobky, které nelze zařadit do žádné z předchozích tříd. [12] [22]

4.1.3 Posuzování změny stupně hořlavosti hmot

Za předpokladu, že je na nehořlavou látku stupně A upevněna hmota hořlavá o tloušťce nepřesahující 1 mm, lze celek posoudit jako nehořlavý materiál. Pokud se však jedná o větší vrstvu hořlavého materiálu, je nutné podle ČSN 73 0802 (Požární bezpečnost staveb – Nevýrobní objekty) nebo ČSN 73 0804 (Požární bezpečnost staveb – Výrobní objekty) posoudit, zda se tím nesníží požární bezpečnost celého objektu.

Příkladem mohou být hořlavé materiály (papír, lepenka, dřevo) připevněné na zdech místnosti. V tomto případě se přepočítává tloušťka d_1 vrstvy hořlavé hmoty použité na povrchovou úpravu konstrukce na d_2 dřeva stejné výhřevnosti na základě součinitele K , čemuž odpovídá množství dřeva v kilogramech odpovídající výhřevnosti 1 kg této látky. Je nutné znát i poměr hustot hmoty ρ_1 k hustotě dřeva ρ_2 . Tloušťka vrstvy d_1 posuzované látky přepočítaná na tloušťku dřeva d_2 je pak rovna:

$$d_2 = K \cdot d_1 \cdot \frac{\rho_1}{\rho_2} . \quad (4.1)$$

Součinitel K udává norma ČSN 73 0824 (Požární bezpečnost staveb - Výhřevnost hořlavých látek).

Opačný případ nastává, kdy je povrch hořlavé hmoty tvořen látkou nehořlavou o minimální tloušťce 2 mm. Pokud je na hořlavém podkladu stupně B vrstva nehořícího materiálu typu A, pak se celek posuzuje jako hmota nehořlavá. Podobně se posuzuje stupeň hořlavosti hmoty, když na těžce hořlavé - C1 a středně hořlavé - C2 hmotě je umístěn povrch nehořlavý. Pak se materiál bere jako snadno hořlavý - B. [6]

4.2 Všeobecné požadavky na elektrickou instalaci

Základním předpisem je již několikrát zmíněná norma ČSN 33 2312, která určuje podmínky na návrh a stavbu elektrických silových málonapěťových a nízkonapěťových zařízení ukládaných do hořlavých látek a na ně, jejichž cílem je zabránit vznícení hořlavých látek a šíření požáru ve vedeních. Podle této normy platí předpis stanovující nejvyšší dovolenou teplotu hořlavé hmoty, jenž může být ve styku s elektrickým zařízením, maximálně 120 °C a vztahuje se na všechny stupně hořlavosti. Tato

teplota nesmí být v kontaktu s hořlavým předmětem překročena za žádných okolností ani při poruchových stavech, jako například při přetížení, zkratu či selhání funkce elektrického zařízení. [21]

Požadavky na ochranu před požárem uvádějí technické normy i mimo třídu vyhrazené pro elektrotechniku. Při projektování nových či rekonstrukci starých objektů je nutné se řídit zásadami uvedenými v ČSN 73 0802 (Požární bezpečnost staveb - Nevýrobní objekty) nebo ČSN 73 0804 (Požární bezpečnost staveb - Výrobní objekty), protože nesmí dojít ke snížení bezpečnosti celého objektu a zejména ke snížení bezpečnosti osob. Neméně důležitou je i norma ČSN 73 0848 (Požární bezpečnost staveb - Kabelové rozvody), která doplňuje a upřesňuje požadavky na požární bezpečnost kabelových rozvodů a dodávku elektrické energie. Využívá se také ke stanovení cílových požadavků na funkčnost kabelových tras napájejících požárně bezpečnostní zařízení a elektrická zařízení, která musí zůstat v provozu v případě požáru. [13]

Pro elektroinstalace v prostorách se zvýšeným rizikem požáru je důležitá ČSN 33 2000-4-482 (Ochrana proti požáru v prostorách se zvláštním rizikem nebo nebezpečím). Z této normy je nejdůležitější část ta, která jasně uvádí, že pro soustavu rozvodu TN a TT s použitými kabely jinými než s minerální izolací je nutné použít proudový chránič s rozdílovým proudem menším či rovným 300 mA. V případě, kde by snížením kvality izolace mohl vzniknout požár, např. topení s tenkovrstvými topnými články, musí být použit chránič s rozdílovým proudem do 30 mA. Toto nařízení má své opodstatnění, poněvadž klasický jisticí prvek nebude ani zdaleka na svodový proud s hodnotami okolo 300 mA reagovat i přesto, že již existuje reálné nebezpečí vzniku požáru. Upozorňuje se také na to, že proudový chránič musí být předřazen jističem s menší nebo maximálně stejnou jmenovitou hodnotou, aby nedošlo k jeho nezvratnému poškození. [14] [23]

Další normou, kterou by měl projektant při navrhování instalace brát v potaz, je ČSN 33 2000-4-42 ed.2 (Elektrické instalace nízkého napětí - Ochrana před účinky tepla). Určuje zásady pro elektrické instalace s ohledem na opatření na ochranu osob, užitkových zvířat a majetku před tepelnými účinky, hořením nebo degradací materiálů a rizikem popálení způsobeným elektrickým zařízením, plameny v případě nebezpečí požáru šířícího se od elektrické instalace do ostatních požárních úseků oddělených přepážkami, které jsou v blízkosti a narušením bezpečné funkce elektrického zařízení včetně bezpečnostních instalací. Každá elektroinstalace také musí nezbytně splňovat pravidla ČSN 33 2000-4-41 ed.2 (Elektrické instalace nízkého napětí - Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem). Ta předepisuje základní požadavky na ochranná opatření, která je nutno v instalacích o napětí do 1 000 V provést, aby byla zajištěna ochrana osob před úrazem elektrickým proudem. [23] [24]

Na ochranu před nebezpečným dotykem živých částí, vniknutím vody, prachu, cizích předmětů nebo vnějšími vlivy, musí být elektrická zařízení a předměty vhodně kryty. Stupeň zabezpečení se označuje písmeny IP a je normalizován podle ČSN EN 60529 (Stupně ochrany krytem - IP kód). Za písmeny IP je dvojčíslí. První číslo popisuje stupeň ochrany před nebezpečným dotykem a před vniknutím cizích předmětů, druhé pak stupeň krytí před vniknutím vody. Za číslicemi je pak případně přídatné písmeno udávající stupeň ochrany osob před dotykem nebezpečných částí (A, B, C, D) a dále pak doplňkové písmeno, které označuje doplňkové vlastnosti krytí (H, M, S, W). Poslední dvě značení jsou nepovinná. [4]

Tab. 4.4 Stupně ochrany proti vniknutí cizího tělesa a před nebezpečným dotykem [4]

První číslice stupně krytí	Stupeň krytí
IP 0X	bez ochrany
IP 1X	ochrana před vniknutím pevných cizích těles větších než 50 mm a před nebezpečným dotykem hřbetem ruky
IP 2X	ochrana před vniknutím pevných cizích těles větších než 12,5 mm a před nebezpečným dotykem prstem
IP 3X	ochrana před vniknutím pevných cizích těles větších než 2,5 mm a před nebezpečným dotykem nástrojem
IP 4X	ochrana před vniknutím pevných cizích těles větších než 1 mm a před nebezpečným dotykem drátem
IP 5X	částečná ochrana před prachem a před nebezpečným dotykem jakoukoli pomůckou
IP 6X	úplná ochrana před prachem (prachotěsné) a před nebezpečným dotykem jakoukoli pomůckou

Tab. 4.5 Stupně ochrany proti vniknutí vody [4]

Druhá číslice stupně krytí	Stupeň krytí
IP X0	bez ochrany
IP X1	ochrana před kapkami vody dopadajícími svisle
IP X2	ochrana před kapkami vody dopadajícími pod úhlem do 15° od svislice
IP X3	ochrana před deštěm dopadajícím pod úhlem do 60° od svislice
IP X4	ochrana před stříkající vodou dopadající v libovolném směru
IP X5	ochrana před tryskající vodou v libovolném směru
IP X6	ochrana před intenzivně tryskající vodou a vlnobitím
IP X7	ochrana před dočasným ponořením do vody
IP X8	ochrana při trvalém ponoření do vody

Pokud není nutné zároveň s ochranou před dotykem zajišťovat ochranu před vniknutím cizích těles, použije se označení doplňkovým písmenem (např. IP X1B). V tom případě se neudává první číslice a chráněný předmět nemusí být podroben náročnějším zkouškám, které odpovídají krytí udávanému číslicí.

Tab. 4.6 Doplnková značení stupně ochrany krytem [4]

Přídavné nebo doplňkové písmeno	Význam
A	ochrana před dotykem nebezpečných částí hřbetem ruky, zkouší se koulí o průměru 50 mm
B	ochrana před dotykem nebezpečných částí prstem, zkouší se článkovým zkušebním prstem o průměru 12 mm a délce 80 mm
C	ochrana před dotykem nebezpečných částí nástrojem, zkouší se sondou o průměru 2,5 mm a délky 100 mm
D	ochrana před dotykem nebezpečných částí drátem, zkouší se sondou o průměru 1,0 mm a délky 100 mm
H	zařízení vysokého napětí
M	zkoušeny škodlivé účinky vniklé vody za pohybu pohyblivých částí
S	zkoušeny škodlivé účinky vniklé vody jsou-li pohyblivé části v klidu
W	vhodné pro použití za stanovených povětrnostních podmínek

4.2.1 Kabelové rozvody

Stavbu vnitřní elektroinstalace řeší norma ČSN 33 2130 ed.2 (Elektrické instalace nízkého napětí Vnitřní elektrické rozvody) a platí souběžně s normami ČSN 33 2000. Požadavky na kladení vedení z hlediska požární bezpečnosti určuje ČSN 33 2000-5-52 ed.2 (Elektrické instalace nízkého napětí - Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení). Mimo jiné také uvádí způsoby instalace elektrických vedení ve vztahu k druhům použitých vodičů nebo kabelů a k umístění vedení. V přílohách udává proudovou zatížitelnost elektrických vedení podle druhu, způsobu uložení a podle vnějších vlivů, které na vedení během jeho provozování působí. V problematice požární bezpečnosti kabelových instalací je důležité, aby prostupy, ve kterých vedou kabely, nesnižovaly bezpečnost budovy. Dosáhnout toho lze například použitím požárních ucpávek. Vznik či šíření ohně se také omezí použitím vhodných materiálů. [11]

Silovými vodiči a kabely s PVC izolací pro pevná uložení se zabývá norma ČSN EN 50525-2-31 (Elektrické kabely - Nízkonapěťové silové kabely pro jmenovitá napětí do 450/750 V včetně - Kabely pro všeobecné použití). Nevýhodou kabelů s izolací na bázi PVC (polyvinylchlorid) nebo ACR (polychloropren) je to, že při zvýšené teplotě a vlivem ultrafialového záření postupně tvrdne, tím dochází k degradaci izolace. Pokud se k uvedenému jevu připočítá také mechanické namáhání, vznikají mikrotrhliny v izolaci a při usazování nečistot na povrchu izolace se vytváří předpoklady pro vznik tzv. plazivých proudů. Dojde ke snížení povrchového odporu (zvýšení vodivosti) izolantu a tím průchodu proudu po povrchu izolantu mezi částmi s rozdílným potenciálem. Pokud únik proudu překročí dovolenou mez, plazivý proud způsobí lokální oteplení izolace nebo hořlavého okolí a dojde ke vznícení materiálu. Tomu lze ovšem předejít použitím kvalitní izolace a proudového chrániče v obvodu, který je schopen kontrolovat unikající proudy. [14]

Vhodnými příměsemi vznikl samozhášivý materiál, který se v nynější době využívá skoro ve všech typech izolací. Kabely jsou tedy odolné vůči šíření plamene dle normy ČSN EN 60332-1-2 (Zkoušky elektrických a optických kabelů v podmínkách požáru - Zkouška svislého šíření plamene pro vodiče nebo kabely s jednou izolací). Je-li splněn požadavek tohoto předpisu, lze kabely uložit přímo na hořlavý podklad a do hořlavých hmot o stupni hořlavosti B, C1, C2 a C3. V opačném případě nebo v prашných prostředích je nezbytné ukládat vedení s příslušenstvím v utěsněné soustavě s krytím alespoň IP 42. Při výběru kabelu musí být bráno v potaz i mechanické namáhání na základě ČSN EN 60811-1-1 (Všeobecné zkušební metody izolačních a plášťových materiálů elektrických kabelů - Metody pro všeobecné použití - Měření tloušťek a vnějších rozměrů - Zkoušky pro stanovení mechanických vlastností). Způsob uložení v závislosti na možném poškození kabelu záleží na jeho druhu a měl by být uveden v prohlášení o shodě daného výrobce. [6]

Protože PVC izolace obsahují nebezpečné halogeny (nejvíce chlorovodík), je zřejmé, jaké nebezpečí znamená hoření kabelů vyrobených z tohoto polymeru pro lidi, ale i pro konstrukční části budov a elektrotechnická a elektronická zařízení, které mohou být zničeny účinky agresivních korozivních plynů a pár. Je tedy nutností realizovat jedno z opatření uvedených v normě: kabely vedené pod omítkou (krytí minimálně 10 mm), vedení v samostatných úsecích (kabelové lišty, kanály, šachty) nebo užití povrchové ochrany (protipožární nástřiky). Na jedovaté látky a kouř vznikající při hoření se zaměřuje zkušební metoda normy ČSN EN 50267-2-1 (Společné metody zkoušek pro kabely v podmínkách požáru - Zkoušky plynů vznikajících při hoření materiálů z kabelů) a ČSN EN 61034 (Měření hustoty kouře při hoření kabelů za definovaných podmínek). [15]

Výrobci proto přicházejí na trh s novými kabely, jejichž izolace neobsahuje materiály na bázi halogenů. Jedná se o bezhalogenové kabely se zvýšenou retardací (odolností) proti šíření plamene. Podléhají souboru norem ČSN EN 50525-3 (Elektrické kabely - Nízkonapěťové silové kabely pro jmenovitá napětí do 450/750V včetně - Kabely se speciálními vlastnostmi v případě požáru) a jsou zkoušeny dle ČSN EN 50267-2-2 (Společné metody zkoušek pro kabely v podmínkách požáru - Zkoušky plynů vznikajících při hoření materiálů z kabelů - Určení stupně kyselosti plynů během hoření materiálů kabelů měřením pH a vodivosti). Také se používají kabely ohniodolné (s izolační integritou) dle ČSN IEC 60331-21 (Zkoušky elektrických kabelů za podmínek požáru - Celistvost obvodu - Postupy a požadavky - Kabely se jmenovitým napětím do 0,6/1,0 kV včetně). Lze konstatovat, že bezhalogenové ohnivzdorné a nehořlavé kabely splňují bezpečnostní a ekologické požadavky, jako jsou vysoká odolnost proti šíření plamene, malá dýmovitost (neuvolňuje se toxický dým), nekorozivnost zplodin vzniklých při hoření atp. Je ale nutné zmínit jejich zatím vysokou pořizovací cenu, která je oproti klasickým kabelům až dvojnásobná. Proto se tedy používají pouze v objektech, kde jsou soustředěny velké davy lidí nebo kde je použito drahých elektronických zařízení. [16] [17]

Silové vodiče se proti účinkům nadproudů, přetížením a zkratům musí jistit podle předpisů ČSN 33 2000-4-473 (Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení. Bezpečnost. Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti. Opatření k ochraně proti nadproudům). Platí pro jistění holých i izolovaných vodičů i kabelů v silnoprůdém rozvodu do 1 kV a stanovuje způsoby umístění jisticích prvků proti proudovému přetížení a zkratu v elektrických sítích a obvodech. Běžně se jistí

přístroje umísťují na začátku vedení a dále v místech, kde se mění průřez nebo dovolené zatížení vedení. Dále pak musí platit ČSN 33 2000-4-43 ed.2 (Elektrické instalace nízkého napětí - Bezpečnost Ochrana před nadproudy), která popisuje, jak jsou živé vodiče chráněny jedním nebo více přístroji zajišťujícími automatické odpojení od zdroje v případě přetížení a zkratu. Jištění musí být zvoleno tak, aby každý nadproud byl vypnut dříve, než oteplení vodiče dosáhne mezní hodnoty, tj. 120 °C. U moderních jističů postačuje v běžných instalacích volit jejich jmenovitý proud nižší než je zatížitelnost vedení. Další podmínkou je, že zkrat musí být vypnut dříve, než teplo vyvinuté zkratovým proudem ve vodiči tento vodič zahřeje na teplotu přípustnou pro zkrat (obvykle více než 150 °C). Norma také uvádí výjimky, kdy tuto ochranu není třeba zajišťovat, např.: v případě, kdy by přerušení napájení bylo nebezpečné nebo kdyby se přerušením napájení mohlo zvýšit nebezpečí. [6]

4.2.2 Úložný materiál

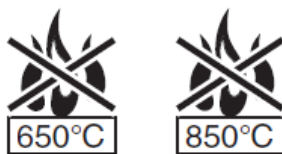
Elektroinstalační lišty, kanály a příslušenství musí splňovat ČSN EN 50085-1 (Úložné, protahovací elektroinstalační kanály pro elektrické instalace - Všeobecné požadavky). Ta určuje nároky a zkoušky pro úložné a protahovací elektroinstalační kanály určené pro umístění, a kde je to nutné, pro oddělení izolovaných vodičů, kabelů, šňůr a případně dalších elektrických zařízení v instalacích elektrických a komunikačních systémů do 1 000 V střídavých nebo 1 500 V stejnosměrných. Souběžně s ní je platná ČSN EN 50085-1 ed.2, která požadavky upřesňuje. Podle ČSN 33 2312 je nutné použít pro výrobu samozhášivý materiál, který nešíří plamen a při hoření z něj nescapávají hořící části. Tyto podmínky splňují výrobky z PVC, polypropylenu (PP) a polyamidu (PA), z nichž PP a PA jsou bezhalogenové materiály s nízkou dýmivostí při hoření. Teplotní odolnost se pohybuje od -5 °C až do 60 °C. Možnost použití na veškeré podklady stupně hořlavosti A až C3, jsou odolné proti agresivnímu a chemickému prostředí. Neodolné proti UV záření, nevhodné do venkovního prostředí. Stupeň ochrany IP 40. Zvláštní požadavky na kanály a lišty pak řeší souhrn norem ČSN EN 50085-2. [27]

Elektroinstalační trubky a jejich příslušenství mají odpovídat a vyrábět se podle ČSN EN 50086-1 (Trubkové systémy pro elektrické instalace - Všeobecné požadavky) a ČSN EN 61386-1 ed.2 (Trubkové systémy pro vedení kabelů - Všeobecné požadavky). Normy určují požadavky a zkoušky pro trubkové systémy, včetně elektroinstalačních trubek a příslušenství elektroinstalačních trubek do 1 000 V AC nebo 1 500 V DC. Platí pro kovové, nekovové a kombinované trubkové systémy.

Všeobecně lze trubky dělit podle odolnosti proti šíření plamene na hořlavé, odolné proti šíření plamene a nehořlavé. Jiným dělicím kritériem může být například mechanická odolnost materiálu. Hořlavé trubky z polypropylenu a polyethylenu (PE) s nízkou a velmi nízkou mechanickou odolností lze použít pouze pro montáž na nebo do nehořlavých hmot stupně A. Jsou tedy vhodné pro přímé zalévání do betonu či pod omítku. Teplotní rozsah použití od -25 °C až do 90 °C. S utěšňovacími prvky lze dosáhnout stupně krytí až IP 67. Trubky ze samozhášivého materiálu lze uložit na a do hořlavých materiálů všech stupňů hořlavosti bez jakéhokoliv dalšího opatření. Patří sem ohebné trubky z PVC, PA či PP s malou mechanickou odolností a tuhé hrdlované izolační s velmi vysokou ochranou proti poškození. Teplotní odolnost závisí na použitém materiálu. Se systémem doplňků je

soustava odolná proti vniknutí prachu a intenzivně tryskající vodě (IP 66). Ocelové nehořlavé trubky se zinkovou povrchovou úpravou mají velmi vysokou mechanickou odolnost a není problém je uložit do jakýchkoliv hmot všech stupňů hořlavosti. Odolávají teplotám od -60 °C až do 250 °C. Díky těsnícímu příslušenství lze dosáhnout stupně ochrany IP 66. [6] [27]

Důležitým prvkem elektrických rozvodů jsou také instalační krabice. Protože z hlediska vzniku požáru jsou nejrizikovější nedokonalé spoje s velkým přechodovým odporem, které dlouhodobě tepelně zatěžují okolí a vedou k degradaci izolace, je nezbytné vyrábět krabice a svorkovnice ze samozhášivého materiálu. Musí být odolné proti nadměrnému teplu a hoření podle ČSN EN 60670-1 (Krabice a úplné kryty pro elektrická příslušenství pro domovní a podobné pevné elektrické instalace Všeobecné požadavky). Na základě normy musí být nosiče živých částí podrobovány zkouškou žhavou smyčkou o teplotě 850 °C a kryty z izolačních částí 650 °C. Zkouška se provádí dle ČSN EN 60695-2-11 (Zkoušení požárního nebezpečí - Zkouška hořlavosti konečných výrobků žhavou smyčkou). Vzorek je vyhovující jen tehdy, pokud se hmota nevznítí, nebo uhasne do 30 sekund po oddálení smyčky a případné hořící kousky nezapálí hedvábný papír. Odolnost proti teplu je popsána v ČSN EN 60695-10-2 (Zkoušení požárního nebezpečí - Nadměrné teplo - Zkouška kuličkou). Prvek je způsobilý, jestliže průměr vtisku způsobeného kuličkou, za stanovené teploty, nepřesáhne stanovený rozměr. Pro svorkovnice pak platí norma ČSN EN 60998-1 ed.2 (Připojovací zařízení nízkého napětí pro domácnost a podobné účely - Všeobecné požadavky).



Obr. 4.1 Značení výrobků splňujících podmínky zkoušky žhavou smyčkou [11]

Bylo by dobré zmínit, že původní ustanovení normy ČSN 33 2312 (Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení v hořlavých látkách a na nich) je pro krabice ve vztahu k normě ČSN EN 60 670-1 zrušeno. Platnost ČSN 33 2312 byla pro elektroinstalační krabice ukončena, platí však nadále pro elektroinstalační lišty, kanály a trubky. [27]

Rozvodné krabice lze rozdělit podle více kritérií, například na základě použitého materiálu výrobku nebo místa uložení. Používá se tvrdý samozhášivý polyvinylchlorid (PVC) s tepelnou odolností -5 °C až 60 °C, popřípadě bezhalogenový polypropylen (PP) s teplotou od -25 °C až 60 °C nebo polyfenyleoxid (PPO), který je odolný proti šíření plamene s teplotním rozsahem -45 až 105 °C. Do betonových podlah se ukládají prvky z polyamidu (PA) či polyetylen. Kromě zmíněných, běžně vyráběných termoplastů jsou na trhu k dostání i krabice z termosetů. Nejznámějším zástupcem této skupiny je bakelit. Podle způsobu montáže lze krabice rozlišit na nástěnné, určené pro povrchovou montáž, zapuštěné do zdiva nebo jiného materiálu a závěsné nebo visuté na podpěrách. [27]

Produkty ze samozhášivého PVC vyhovují podmínkám pro montáž na stavební hmoty třídy hořlavosti A-C3 i do nich. Jedná se o speciální krabice z tvrdého PVC, které lze bez dalších opatření

instalovat jak do dutých stěn, tak i dřevostaveb a sádkartonu. Pokud ovšem nesplňují požadavky pro umístění na lehce hořlavé materiály, je nezbytné je opatřit tepelně izolační nehořlavou podložkou tloušťky alespoň 5 mm anebo je vkládat do tepelně izolačního lůžka. Podložka musí být nehořlavá, nejlépe stupeň hořlavosti A a její tepelná vodivost λ musí být menší nebo rovna $5 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$. Nelze ovšem použít nehořlavých podložek kovových, měděných či hliníkových, protože kdyby došlo k poruše izolace, mohly by se tyto materiály stát nebezpečně živými a tím i dojít k úrazu elektrickým proudem. Tepelně izolační lůžka se používají k oddělení vodivých částí od hořlavých hmot při zapuštěné montáži a musí splňovat stejné základní podmínky jako tepelně izolační podložky. Navíc u zapuštěných předmětů musí být minimální tloušťka 5 mm po celé ploše styku elektrického předmětu s hořlavou hmotou. Nejdostupnější materiál, který se pro lůžko používá, je sádra. Další možností je tzv. dvouplášťová izolační krabice. Vnější opláštění nahrazuje tepelně izolační překážku a tím zamezuje průniku nadměrného tepla do stavebního materiálu. Rozvodka v tomto případě může být použita na či do hmot o všech stupních hořlavosti. [6]

Polyvinylchloridové krabice se nejvíce využijí na instalaci pod omítku, v lištovém provedení a v případě přídavného opláštění i do dutých stěn. Krabice na bázi modifikovaného polykarbonátu (PC), polyfenyleoxidu (PPO) a polypropylenu (PP) v bezhalogenovém provedení je možno montovat do hořlavých látek A až C2. Některé z nich také splňují požadavky ochrany proti vzniku požáru a mohou být montovány na povrch hmot C3 bez nutnosti podložení izolační podložkou. Používají se hlavně v prostředí s požadavkem na větší ochranu osob a zařízení. Při přímém působení plamene je snížena dýmivost a neuvolňují se toxické látky. Jinak se od běžně vyráběných typů liší pouze použitým materiálem. Do provozů, kde je nutno chránit rozvody před mechanickým opotřebením, se používají krabice kovové, popřípadě ze slitin hliníku.



Obr. 4.2 Příklad značení výrobků určených pro montáž do různých materiálů dle ČSN EN 60695 [11]

Všechny krabice jsou určeny pro rozvody s napětí do 400 V a maximálním proudem 16 A. Zvláštními požadavky na krabice a kryty se zabývá soubor norem ČSN EN 60 670-2. Skladování všech plastových výrobků a úložného materiálu pak řeší ČSN 640090 (Plasty. Skladování výrobků z plastů). [27]

Stupeň krytí IP záleží na konstrukci krabice. Klasické zápusťné s víčkem mají IP 20, univerzální IP 40, krabice v uzavřeném provedení určené pro instalaci na povrch stěn pak IP 54, IP 65 až IP 68. Rozvodky s vyšším číslem třídy krytí se používají především v prašných provozech nebo venkovních provedení elektroinstalací. Protože zdrojem vzniku požáru mohou být také neodborně zakryté svorkovnice, kde jsou vodivé části v poměrně malých vzdálenostech a při velkém znečištění nejsou

splněny podmínky pro izolační oddělení, norma ČSN 33 2000-4-482 stanovuje, že v prašných prostorách musí být dodržen stupeň krytí minimálně IP 5X. [23]

Každý výrobce elektroinstalačního materiálu má ve svém portfoliu nepřehledný výběr krabic z hlediska výrobního materiálu, velikosti, tvaru, stupně krytí anebo ochranou před mechanickým poškozením. To samé platí i v případě elektroinstalačních lišt a trubek. Proto pro bezpečné použití elektroinstalačních materiálů na různé druhy stavebních hmot je nejlepší se vždy řídit doporučeními daného výrobce.

4.2.3 Elektrické přístroje a zařízení

K zajištění základních podmínek z hlediska bezpečnosti při provozní spolehlivosti je potřeba, aby elektrické zařízení bylo vybráno a následně instalováno v souladu s požadavky, které jsou definovány podle příslušných pravidel zveřejněných v normě ČSN 33 2000-5-51 ed.3 (Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy). Předepisuje nároky na provozní podmínky zvoleného zařízení, jako jsou napětí, proud, kmitočet, výkon, elektromagnetická kompatibilita, odolnost proti napěťovým rázům a vnějším vlivům. Pokud vlastnosti konstrukce zařízení neodpovídají okolním vlivům v daném místě, musí být dodatečně provedena doplňující ochrana, například v prašném prostředí je nutné jistič s IP 20 umístit do rozvodnice s vyšším číslem krytí. Podle předpisu musí být každé zařízení včetně vedení uspořádáno tak, aby byl usnadněn jeho provoz, pohledka nebo kontrola. [25]

Vodiče musí být barevně odlišeny podle ČSN 33 0165 (Elektrotechnické předpisy. Značení vodičů barvami nebo číslicemi. Prováděcí ustanovení) a ČSN EN 60445 ed.4 (Základní a bezpečnostní zásady pro rozhraní člověk - stroj, značení a identifikaci - Identifikace svorek předmětů, konců vodičů a vodičů). Dále definuje ochrany proti vzájemným škodlivým působením. Zařízení nemající zadní kryt nesmí být montovány přímo na stěnu, pokud není zabráněno přenosu napětí na povrch stěny a není zabezpečena požární ochrana mezi zařízením a podkladem. Je-li stěna (podklad) kovová, musí být připojen k ochrannému vodiči nebo provedeno doplňující pospojování. A pokud je hořlavý, musí být elektrické zařízení od něho odděleno vhodnou vrstvou izolačního materiálu.

Elektrické přístroje, které je možné bez dalšího opatření přímo instalovat na nebo do hořlavých hmot stupně B, C1, C2 a C3 musí být pro tuto montáž odzkoušeny podle normy ČSN EN 60695-2-11 (Zkoušení požárního nebezpečí - Část 2-11: Zkoušky žhavou/horkou smyčkou - Zkouška hořlavosti konečných výrobků žhavou smyčkou) a ČSN EN 60695-11-5 (Zkoušení požárního nebezpečí - Část 11-5: Zkoušky plamenem - Zkouška plamenem jehlového hořáku - Zařízení, uspořádání ověřovacích zkoušek a návod). Zkouška je vyhovující, pokud se hmota nevznítí nebo uhasne do 30 sekund po oddálení smyčky nebo plamene a případné odkapávající hořící kousky nezapálí hedvábný papír umístěný pod zkoušeným výrobkem. Přístroje jsou pak podle ČSN 33 2312 označeny symbolem pro možné uložení na či do hořlavé hmoty, popřípadě obsahují doplňující informace, do kterých tříd hořlavosti mohou být montovány. [11] [21]



Obr. 4.3 Značky na přístrojích: a) předmět do hořlavé látky
b) předmět k montáži na hořlavou látku [21]

Ostatní elektrické předměty, které nevyhověly předpisům těchto zkoušek, smí být na nebo do hořlavé hmoty montovány jen za předpokladu, že jsou od hořlavé hmoty odděleny buď nehořlavou tepelně izolační podložkou anebo lůžkem na celé styčné ploše, popřípadě vzduchovou mezerou. Vzduchová mezera musí být dostatečně široká, aby v případě zvýšené teploty povrchu předmětu neovlivnila teplotu hořlavého podkladu.

Tab. 4.7 Požadavky na oddělení předmětů od hořlavých hmot [21]

Elektrický předmět	Izolační podložka (mm)	Vzduchová mezera (mm)
Rozváděče, elektrické stroje, elektrické spotřebiče	10	50
Elektrické přístroje, instalační materiál a přístroje	5	30
Elektrická svítidla	5	30

Připojování, upevňování a umísťování silových elektrických přístrojů a spotřebičů, včetně svítidel, všech napěťových kategorií, a to včetně přístrojů a spotřebičů silových částí zařízení sdělovacích, řídicích a zvláštních řeší předpis ČSN 33 2180 (Elektrotechnické předpisy ČSN. Připojování elektrických přístrojů a spotřebičů). Všeobecně se požaduje, aby norma zajistila jak bezporuchový provoz, tak také vyloučila ohrožení bezpečnosti okolí. Nařizuje, aby všechny elektrické obvody a všechny spotřebiče šlo vypnout kvůli možnosti zařízení bez nebezpečí opravovat, opravené nebo poškozené části vyměňovat a všechny spotřebiče jednotlivě nebo po skupinách podle potřeby uvést v činnost nebo zastavit. Na základě ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 (Elektrické instalace nízkého napětí Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění a ochranné vodiče), která určuje, jak má být zřizováno uzemnění a ochranné vodiče včetně vodičů ochranného pospojování není dovoleno provádět dvou vodičové připojení zásuvek. Nyní se uplatňuje pouze připojení třemi vodiči.

Zásuvkami v domovní elektroinstalaci se zabývá ČSN IEC 60884-1 (Vidlice a zásuvky pro domovní a podobná použití - Část 1: Všeobecné požadavky). Norma platí pro vidlice a pevné nebo pohyblivé zásuvky pouze pro střídavý proud, s ochranným kontaktem nebo bez něho, na jmenovité napětí vyšší než 50 V, avšak maximálně 440 V, a jmenovitý proud maximálně 32 A. Jmenovitý proud je omezen na maximálně 16 A pro pevné zásuvky opatřené bezšroubovými svorkami. Podle předpisu se zásuvky mají značit 16 A / 250 V AC. Pro zásuvky s bezpečným malým napětím je určena ČSN

IEC 60884-2-4 (Vidlice a zásuvky pro domovní a podobné použití - Zvláštní požadavky pro vidlice a zásuvky pro SELV). Průmyslové zásuvky a vidlice pak řeší ČSN EN 60309-2 ed.3 (Vidlice, zásuvky a zásuvková spojení pro průmyslové použití - Požadavky na zaměnitelnost rozměrů pro přístroje s kolíky a s dutinkami). Soustřeďuje se na zásuvková a přívodková spojení se jmenovitým pracovním napětím nepřesahujícím 690 V, 50 Hz a jmenovitým proudem nepřesahujícím 125 A, určené především pro průmyslové použití, vnitřní nebo venkovní. Co se týče montáže domovních zásuvek do hořlavých látek, musí splňovat zkoušky žhavou smyčkou a plamenem jehlového hořáku a být označeny jednou ze značek podle ČSN 33 2312. Průmyslové zásuvky jsou určeny jen pro montáž na nehořlavé podklady, a pokud musí být umístěny na hořlavý povrch, je nezbytné je oddělit izolační podložkou po celé dosedací ploše. Oddělení vzduchovou mezerou nepřichází v úvahu. Z hlediska stupně krytí lze zásuvky 16 A / 250 V AC rozdělit na zapuštěné umístěné v elektroinstalačních krabicích (IP 40) nebo nástěnné (IP 44, IP 54 a IP 55). Průmyslové zásuvky mají většinou krytí IP 44 (vestavné) a IP 67 (nástěnné). [6]

Domovních vypínačů se týká norma ČSN EN 60669-1 ed.2 (Spínače pro domovní a podobné pevné elektrické instalace - Všeobecné požadavky). Platí pro ručně ovládané spínače pro všeobecné použití pouze pro střídavý proud se jmenovitým napětím do 440 V a jmenovitým proudem do 63 A, určené pro domovní a podobné pevné instalace, vnitřní nebo vnější. Norma uvádí rozsahy připojovaných vodičů k jmenovitému proudu spínačů. Jmenovitá napětí jsou 230 V a 400 V AC. Domovní spínače jsou nástěnné - pro povrchovou montáž, polozapuštěné - pro montáž do krabic lištového rozvodu a pro montáž do nízkých krabic v omítce, zapuštěné - pro montáž do přístrojových krabic, panelové a zárubňové. Spolu s nehořlavými krabicemi mohou, při použití bezšroubových spojů, být spínače instalovány do podkladů stupnice hořlavosti A-C3, avšak musí být schváleny pro instalaci do hořlavých hmot. Většinou mají stupeň krytí IP 20. Podle ČSN 33 2312 se na hořlavé podklady stupně hořlavosti B, C1, C2 dovoluje montovat spínače do 16 A a do 400 V, pokud mají kryt z materiálu aspoň odolného proti šíření plamene a jsou označeny příslušným piktogramem. Pokud tomu tak není nebo se jedná o materiál typu C3, je zapotřebí použít izolačního materiálu. Ochrana proti okolním vlivům záleží na konstrukci spínače. Obecně se používají s IP 44, IP 54 a IP 66. [6] [21]

V dnešní době se vyskytuje i možnost ovládání elektrických spotřebičů bezdrátově. To znamená, že silové kabely povedou pouze ke spotřebiči, ke kterému se připojí tzv. aktor. Ten na základě povelu spínače provede příslušný úkon. Výhodou je velký dosah rádiového signálu, spínací přístroj se dá přemísťovat a instalovat na všechny typy materiálů. Je napájen baterií a tím pádem odpadá nutnost řešit možnost vzniku požáru nebo ochranu před úrazem elektrickým proudem. Nevýhodou je však zatím relativně vysoká pořizovací cena. [30]

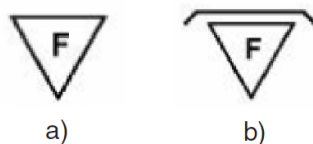
Požadavky na svítidla, zásuvky, spínače instalované do nábytku jakou například skříně, psací stoly, katedry, přednáškové pulty atp. jsou uvedeny v ČSN 33 2000-7-713 (Elektrická instalace budov - Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Nábytek). Spolu s ČSN 33 2000-4-482 (Ochrana proti požáru v prostorách se zvláštním rizikem nebo nebezpečím) a ČSN 33 2000-4-42 ed.2 (Elektrické instalace nízkého napětí - Ochrana před účinky tepla) určují nejvyšší možné dovolené povrchové teploty jak pro svítidla, tak i pro kryty elektrotepelných spotřebičů, topná tělesa či jiné odporové spotřebiče. Za normálních podmínek nesmí překročit 90 °C, při poruše 115 °C. Tepelné

spotřebiče musí být umístěny na izolačních podložkách a musí být navrženy tak, aby bylo zabráněno jakémukoliv hromadění materiálů, které by mohly překážet rozptylu tepla, popřípadě být příčinou vzniku požáru. Tam, kde se používají topné nebo větrací soustavy, nesmí koncentrace prachu a teplota vzduchu vytvářet nebezpečí vzniku požáru v místnosti. Podmínky pro elektrická zařízení, která jsou ve styku s hořlavým prachem, určuje norma ČSN EN 50281-2-1 (Elektrická zařízení pro prostory s hořlavým prachem - Část 2-1: Metody zkoušek - Metody pro stanovení minimálních teplot vznícení prachu). Pokud jsou duté stěny z hořlavých materiálů nebo s hořlavou výplní, lze do nich ukládat elektrická zařízení nevyhovující požadavkům na odolnost proti šíření plamene, pokud jsou obloženy skelnou tkaninou o tloušťce minimálně 12 mm anebo uloženy do 100 mm skelné nebo minerální vaty. Pokud se takový materiál použije, je nezbytné přihlídnout k případnému omezení odvodu tepla. [23] [24]

Instalaci a používání topidel řeší norma ČSN 06 1008 (Požární bezpečnost tepelných zařízení). Vztahuje se na tepelná zařízení určená k vaření, ohřevu vody a vytápění. Mimo jiné také stanovuje zkušební podmínky a zkušební metody pro určování bezpečných vzdáleností tepelných zařízení od povrchů hořlavých hmot a požadavky na technickou dokumentaci z hlediska požární bezpečnosti.

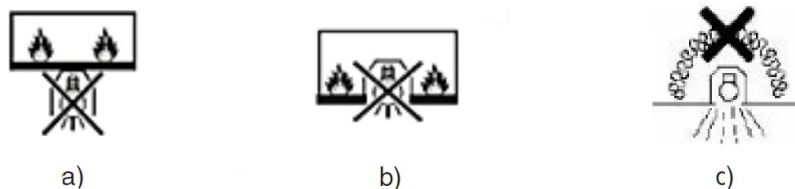
Motory, podle ČSN 33 2000-4-482, které jsou ovládány samočinně nebo dálkově, nebo nad nimiž není nepřetržitý dozor, musí být chráněny proti nadměrnému oteplení ochranným prostředkem proti přetížení s ručním znovunastavením nebo rovnocenným ochranným prostředkem proti přetížení. Motory se spouštěním hvězda-trojúhelník musí být chráněny proti nadměrnému oteplení při spojení do hvězdy. [23]

Norma zabývající se bezpečnostními požadavky na svítidla s elektrickými světelnými zdroji je vedena jako ČSN EN 60598-1 ed.5 (Svítidla - Všeobecné požadavky a zkoušky). Předmětem této normy je stanovit základní řadu požadavků a zkoušek, které se mohou uplatnit skoro u všech druhů svítidel. Pro bezpečný provoz udává informace pro konstrukci svítidel. Předpis rozlišuje svítidla podle vhodnosti pro přímé připevnění do nebo na normálně hořlavé podklady a pouze pro připevnění na nehořlavé látky. Udává také povinnost uveřejnit zřetelně a trvanlivě na svítidle jmenovité napětí, nejvyšší teplotu okolí, maximální dovolený jmenovitý příkon zdroje, značku pro třídu ochrany, stupeň krytí IP, model a odpovídající značku pro svítidla nevhodná pro přímé připevnění na normálně hořlavé předměty. Je důležité zmínit, že v předešlé sbírce této normy (ed.4) a normě ČSN 33 2312 jsou značena svítidla vhodná pro přímou montáž na a do normálně hořlavých podkladů. [18]



Obr. 4.4 Původní značení svítidel: a) vhodných na zápalné podklady
b) pro montáž na / do hořlavých látek, mohou být zakryta izolačním materiálem [18]

Podle novějších pravidel z roku 2009 se značí pouze svítidla vhodná do nebo na nehořlavé podklady. Je tedy možné se setkat s oběma značeními. Obecně by však mělo platit pouze značení zveřejněné v ČSN EN 60598-1 ed.5.



Obr. 4.5 Nové označení svítidel: a) nevhodných na zápalné podklady
b) pro zapuštění pouze do nehořlavých hmot
c) nevhodných pro zakrytí tepelně izolačním materiálem [18]

Platí, že zapuštěná svítidla, která mají vysoké vyzařovací teploty, by už neměla být obložena další izolační přepážkou, aby bylo kvůli chlazení zachováno přirozené proudění okolního vzduchu. Musí být dodržena odpovídající vzdálenost svítidel od hořlavých materiálů. Pokud výrobce neposkytne žádnou jinou informaci, musí být reflektory a úzkouhlé světlomety od hořlavých materiálů umístěny ve vzdálenosti minimálně:

- 0,5 m při výkonu světelného zdroje do 100 W,
- 0,8 m při výkonu světelného zdroje od 100 do 300 W,
- 1 m při výkonu světelného zdroje od 300 do 500 W.

Každé svítidlo musí být v souladu s ČSN 33 2000-4-42 ed.2 opatřeno krytem zajišťujícím alespoň stupeň ochrany IP 4X nebo, pokud je přítomen prach, IP 5X, nebo v případě přítomnosti vodivého prachu IP 6X. V místech s hořlavými prachy a vlákny musí být svítidla konstruována tak, aby byla dodržena jejich povrchová teplota podle daných požadavků (v normálním chodu 90 °C, při závadě maximálně 115 °C) a instalována tak, aby se na jejich povrchu nemohou hromadit prachové částice v nebezpečném množství. Konstrukce svítidla musí zabránit vypadnutí žárovky nebo jiného světelného zdroje a horkých částí ze svítidla. [24]

Měla by také vyhovovat normě ČSN 33 2000-5-559 ed.2 (Elektrické instalace nízkého napětí Výběr a stavba elektrických zařízení - Svítidla a světelná instalace), jenž určuje požadavky na návrh a zhotovení světelné instalace. Zvláštní požadavky na svítidla pak řeší ČSN EN 60598-2.

V případě osvětlenosti vnitřních pracovních prostor je nutno z hlediska hygienických předpisů splňovat podmínky normy ČSN EN 12464-1 (Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů Část 1: Vnitřní pracovní prostory).

5 DŮLEŽITÉ ASPEKTY UPLATŇOVANÉ PŘI REKONSTRUKCI

Elektroinstalace na nástroji je vždy ošemetná, je nutné hledat rovnováhu mezi ergonomickým ovládáním nástroje a zachováním či nenarušením původního vzhledu a konstrukce. V průběhu historie zpravidla na nástrojích proběhne několik vln nadšené elektrifikace s rozvedením plášťových trubek, poté pancéřových kabelů, rozličných typů přisazených svítidel a přístrojů. Bezpečnost instalace byla většinou sporná už v době montáže, po létech většinou ohrožuje jak obsluhu z hlediska absentující ochrany před nebezpečným dotykem, tak i nástroj z hlediska požární bezpečnosti. V současnosti se přitom jedná o nejdůležitější kritéria při rekonstruování jakéhokoliv objektu.

Každé varhany jsou svým způsobem unikát, tvoří velmi významnou část našeho kulturního dědictví. Proto ochrana proti nebezpečí požáru je neméně důležitým aspektem při řešení elektrické instalace. A jelikož se jedná o nástroje historických hodnot, požadavky na montáž do hořlavých materiálů jsou ještě vyšší. Tak například dřevo, jenž je základní stavební prvek celého nástroje, je v tomto případě bráno podle stupnice hořlavosti jako lehce hořlavý materiál, tedy C3. Přispívá k tomu i dřevokazný hmyz, po kterém zůstává vysoce vznětlivá sprášená drť. Tudíž musí všechny elektrické předměty splňovat podmínku o vhodnosti uložení do této hořlavé hmoty. Často jsou totiž k vidění do dřeva zapuštěné přístroje bez potřebných ochranných prvků. Také je nutností použít proudový chránič a ochranu proti nadměrnému oteplení vlivem přetížení motoru, což není ve většině případů splněno.

Ekonomická stránka věci je vždy ožehavým tématem. Nižší pořizovací cena je vždy na úkor bezpečnosti nebo kvality zpracování a použitých zařízení, které se časem stejně nevyplatí kvůli častým opravám. Vždy se však musí respektovat princip efektivnosti, to znamená, že by měl být proveden projekt s nejvyšším poměrem přínosů a nákladů. Měla by být dodržena i hospodárnost instalace a provozu. Použití zařízení a světelné zdroje schopny pracovat s co nejmenšími ztrátami a co největší účinností. Při projektování například dbát na účelné využití průřezů kabelů i jmenovitých výkonů elektrických spotřebičů atp.

Varhaník také potřebuje mít z praktického hlediska všechny ovládací prvky nástroje po ruce a na ovládání nástroje musí vidět. Měly by se používat spínače například barevně odlišené nebo jinak rozeznatelné a odpovídat logickému rozložení a technologickému algoritmu. Ergonomická kritéria mají v metodice konstrukčního postupu rovnocenné postavení jako kritéria technická a ekonomická. Námitky, že splnění všech ergonomických a bezpečnostních požadavků při konstrukci stroje často zvyšují náklady na projekt je v porovnání s možnými následky téměř zanedbatelné.

V neposlední řadě se také postarat o estetičnost návrhu. Při rekonstrukci takto výjimečného nástroje musí být instalace provedena co nejšetrněji. Někdy je nezbytné vymýšlet i nové postupy, aby se zabránilo jeho devastaci - kabely se vedou půdou či prkennou podlahou. Ne ve všech případech je to možné a musí se použít elektroinstalačních lišt. Naštěstí výrobci nabízejí dostatečný sortiment v různých odstínech a s dekorem dřeva. Také ostatní prvky by se neměly na památkově chráněné nástroje instalovat, ale pokud je to nutné, tak umístit je alespoň tam, kde neničí historický vzhled. Protože se jedná o složitější problematiku, Národní památkový ústav vydal metodickou publikaci „Péče o varhany a zvony, jejich památková ochrana“, která je při rekonstrukci nezbytná, viz [19].

6 ROZBOR NĚKOLIKA KONKRÉTNÍCH INSTALACÍ

Snad ve všech případech trpí elektroinstalace nějakými neduhy. Nejčastěji se jedná o bezpečnost či estetickou stránku věci. Výjimkou nejsou ani špatně umístěné ovládací prvky, svítidla a elektrické rozvody. Svítidla musí vybrána taková, aby zajistila dostatečnou osvětlenost pracovního prostoru, nejčastěji not, kláves a pedálů. Volba osvětlení a světelných zdrojů musí být pečlivá. Některá, díky tomu, že vyzařují do okolí kromě světelného toku také teplo, nejsou vůbec způsobilá k montáži na hořlavé podklady. Občas jde také o špatně instalovaná topná tělesa nebo jejich nevyhovující stav. U původních totiž nebyla vůbec řešena opatření proti nebezpečnému dotyku či požární ochrana.

Příkladů nezpůsobilých instalací je mnoho, proto zde budou prezentovány ty, které jsou zářným důkazem, jak by se neměly provádět.

6.1 Kostel Nalezení sv. Kříže v Rybí, Nový Jičín

Původně zděný kostel zřejmě pocházející z 15. století je nejvýznamnější památkou obce Rybí ležící východně nedaleko od Nového Jičína. Za třicetileté války byl rozbořen, dochovaly se pouze obvodové zdi. V druhé polovině 17. století byl přestavěn do dnešní podoby a roku 1846 celkově rekonstruován. Byl obnoven dřevěný ochoz kolem kostela, výzdoba interiéru ve stylu lidového baroka, zajímavé sluneční hodiny nad jedním z bočních vchodů či železný kříž. Okolo kostela se nachází hřbitov, který je obehnan kamennou zdí se zajímavou barokní bránou do celého areálu. Kostel i hřbitov je chráněnou kulturní památkou.

Varhany byly postaveny v roce 1961 na místo předchozího nástroje, který postavil roku 1835 Johann Neusser z Nového Jičína. Od svého spuštění před téměř padesáti lety neprošly žádnou větší opravou. [7]



Obr. 6.1 Boční vchod do kostela



Obr. 6.2 Pohled na dřevěný ochoz

6.1.1 Stav nástroje

Na první pohled si lze všimnout nevzhledně vedeného přívodního kabelu napájející nevhodně instalovaná svítidla, která kazí estetický dojem průčelí varhanní skříně.



Obr. 6.3 Prospekt s nepatříčně instalovanými svítidly

Přívody ke svítlům jsou řešeny pouze dvojlinkou, což je podle norem nepřípustné, nejsou uloženy v lištách, použita nevhodná nehořlavá podložka z azbestu, který je zdraví škodlivý. Svítidla bude nejlepší demontovat a nová připevnit na strop nad nástrojem.

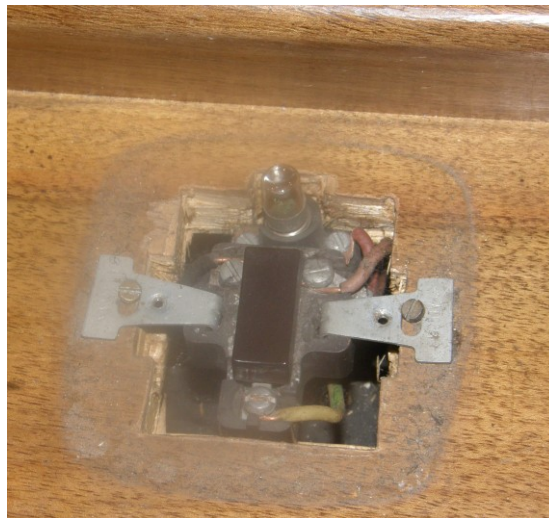


Obr. 6.4 Původní připojení svítidel

Vedle klaviatury je možné narazit na další nevhodně umístěný prvek. Jedná se o zadlabaný vypínač, který ovládá chod motoru ventilátoru.



Obr. 6.5 Ovladač motoru



Obr. 6.6 Detail uložení spínače

Instalace vypínače je v rozporu s normou ČSN 33 2312, která uvádí, že elektrický předmět musí být od zápalného materiálu oddělen nehořlavou přepážkou. Pokud by totiž došlo k poškození izolace a následně dotyku vodiče s materiálem, mohlo by dojít k zahoření a vzniku požáru. Zvlášť nebezpečné jsou výrobky imitující dřevo. Ty často obsahují celulózu, která při dlouhodobém působení teploty vyšší než 120 °C degraduje a také se může vznítit. Navíc je z estetického hlediska nevyhovující, narušuje původní vzhled. Se snahou o minimální zásah do vzezření nástroje bude proto lepší jej nahradit decentnějším prvkem.

Topné těleso umístěné pod klávesami je nebezpečné po všech stránkách.



Obr. 6.7 Topidlo situované pod manuálovou klaviaturou u nohou varhaníka

Hlavním problémem je chybějící základní ochrana před přímým dotykem živých částí, hrozí nebezpečí úrazu elektrickým proudem nebo popálení. Není zajištěna mechanická odolnost topidla nebo přívodního kabelu. Vodiče se mohou tahem nebo tlakem utrhnout nebo jinak poškodit, může dojít k jejich uvolnění a nedokonalému kontaktu, což mít za následek zapálení přilehlého hořlavého materiálu nebo při styku způsobit poranění osob.

Topidlo je sice opatřeno nehořlavou podložkou stupně hořlavosti A, ale jedná se o elektricky i tepelně vodivý materiál. Ten nesmí být podle norem použit, protože není zabráněno přenosu napětí na povrch stěny. Kdyby došlo ke znehodnocení izolace topidla, podložka se stane nebezpečnou a mohlo by vlivem nepřímého dotyku dojít k úrazu elektrickým proudem. Není zabezpečena ani požární ochrana. Teplo sálající z tělesa je absorbováno vodivou podložkou, která je v přímém styku s hořlavým podkladem. Ta pak způsobuje degradaci přilehlého materiálu, dochází k opalování a po čase by hrozilo i vzplanutí okolních lakovaných částí. Byla snaha alespoň ochránit manuál nad topidlem před tepelnými účinky pomocí nastavitelného křídla podložky. Ale vzhledem k celkově špatnému uložení a typu použitého topného článku to bylo úsilí zbytečné. Každopádně je nezbytné topidlo odstranit, aby nedošlo k neblahým následkům.

Elektrický ventilátor je umístěn na půdě v bedně, aby byl dostatečně utlumen hluk při jeho provozu. Motor je asynchronní, napájený nízkým třífázovým napětím o hodnotě 3x400 V. Motorová elektroinstalace musela už být předělávána. Svědčí o tom ledabyle připevněný ovladač v tlumící bedně bez patřičné izolační podložky, který působí dojmem rychlé provizorní úpravy. Vypínač slouží k přerušení obvodu při nutné údržbě. Nynější stav je také nevyhovující z důvodu použití odlišných průřezů kabelů. Každý má jinou proudovou zatížitelnost. Při vyšším zatížení nebo nadproudu se, než zapůsobí ochrana, slabší vodiče mohou ohřát natolik, že dojde nejdříve ke znehodnocení izolace a po čase jejímu vznícení. Rozvod je sice jištěn v hlavním rozváděči, nicméně podle ČSN 33 2000-4-482 musí být v prostorách s hořlavými hmotami chráněn tepelnou ochranou proti přetížení s manuálním opětovným spuštěním. Ovládání motoru by bylo vhodnější provést pomocí stykače se spínacím okruhem 24 V, který umožní použít místo původního vypínače malý, uložený v blízkosti klaviatury.



Obr. 6.8 Ovladač v tlumící bedně

6.2 Farní kostel sv. Jana Křtitele v Dolní Lutyni, Bohumín

Kostel, který je jedinečnou barokní stavbou postavenou v letech 1740 až 1746, tvoří nepřehlédnutelnou dominantu obce Dolní Lutyně nacházející se východně od města Bohumín. Jedná se o jednu omítanou loď s dvěma přilehlými kaplemi a se čtyřbokou věží v západním průčelí. Hlavní loď s křížovými klenbami je zdobena bohatým štukovým dekorem s motivy vegetabilních rozvilin a lokajů. Ve věži jsou zavěšeny čtyři zvony. Jeden, jenž přežil obě světové války, ostatní tři pak novodobé. Součástí je i soubor barokních soch sv. Jana Nepomuckého, sv. Antonína Paduánského a biskupa Patrika v areálu hřbitova pocházející z poloviny 18. století a kamenný kříž z druhé poloviny 19. století. [7]



Obr. 6.9 Boční pohled na kostel sv. Jana Křtitele, v popředí socha sv. Antonína Paduánského

6.2.1 Status varhan

Při prvním pohledu si nelze nevšimnout na boku prospektové věže zabudovaného rozváděče se zapuštěnými přístroji, konkrétně vypínače okruhu světél a zásuvky využívané pro lampu nebo napájení číselníku.



Obr. 6.10 Pohled na zabudovanou rozvodnici



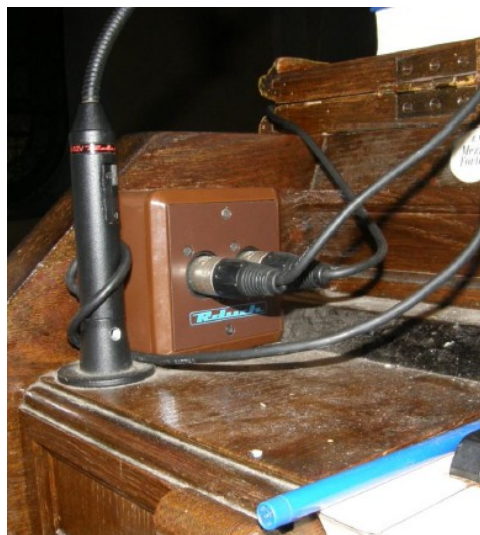
Obr. 6.11 Nevhodně instalované ovladače

Vypínač motoru ventilátoru je instalován více vpředu, pod prospektem levé věže. Kabel k němu vede v nevzhledné bílé liště, kvůli ní musel být uřezán i kus řezbářské výzdoby. Přívod telefonu je uložen ve svorkách a lištách. Celkově se jedná o zapojení nesourodé, neestetické a ergonomicky nevhodné.

Mikrofonní rozvod je lištově veden k pravé straně hracího stolu, kde končí v krabici s konektory přilepené tavným lepidlem. Umístění vedle klaviatury bylo nelogické, kazí celkový dojem a změt' kabelů zbytečně zabírá místo. Bude lepší přesunout konektory na méně viditelné místo, přívod k nim pak vést vnitřkem konstrukce.



Obr. 6.12 Spleť kabelů mikrofonů



Obr. 6.13 Přilepená mikrofonová krabice

Podobně jako na prospektu, tak i zde jsou kabely uloženy v nevzhledné bílé liště. Podle jinak zbarvených pásků na nástroji lze poznat, že instalace byla několikrát předělávána. Každopádně by se

měly lišty odstranit a rozvody táhnout vnitřkem nástroje nebo podlahou kůru či použít vhodnějších lišt, například s dekorem dřeva, vedených po podlaze.



Obr. 6.14 Pohled na nepatřičně uložené lišty

Zásuvka je nepřiměřeně vysoko, počet krabic napovídá, že byly postupem času přidělávány.



Obr. 6.15 Původní zapojení elektroinstalace

V každé etapě elektroinstalace byly použity jiné typy vodičů, část vedení je v původním hliníkovém provedení, zbytek je pak vyhotoven novějšími měděnými kabely. Napojení na zásuvkový obvod je pomocí kabelu CYSY, který má lanované vodiče a navíc malého průřezu. Je absolutně nevhodný pro uložení pod omítku či do lišt, protože nemá dostatečnou izolaci. Používá se pouze jako pohyblivý přívod ke spotřebičům.

Nebezpečné bylo zapojování topidla s příkonem 2500 W do zásuvky označené nápisem „jen pro klávesy“, protože byla připojena právě výše zmíněným kabelem CYSY 3x0,5 mm². Připojení přístrojů s takovým velkým odběrem je nepřijatelné, vodiče musely být nadměrně přetěžovány a je div, že

nedošlo ke vzniku požáru. Při rekonstrukci instalace bude nutné pro topení instalovat zásuvku s vhodným průřezem a jištěním.



Obr. 6.16 Zapojování topného tělesa do nevyhovující zásuvky

Plechový podružný rozváděč se zastaralými prvky, které už dnes nevyhovují zavedeným standardům, by bylo dobré vyměnit za nový. Podle předpisu ČSN 33 2000-4-482 je nutné vřadit do obvodu proudový chránič s rozdílovým proudem menším či rovným 300 mA, v tomto případě spíše 30 mA. Motor je sice zde už ovládán stykačově, ale podle již zmíněné normy musí být také chráněn tepelnou ochranou proti přetížení. Bude také nutné přidat další zásuvkový okruh pro topidlo.



Obr. 6.17 Plechový podružný rozváděč pro varhany a věž

6.3 Kostel Nejsvětější Trojice v Bohuslavicích, Hlučín

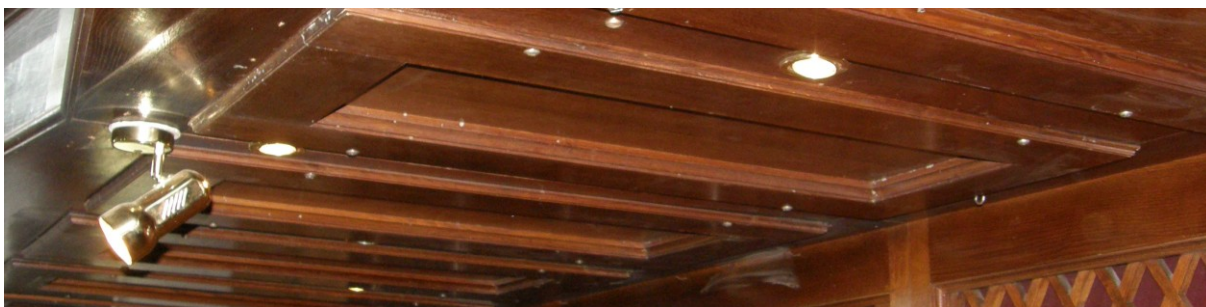
Kostel Nejsvětější trojice je dominantou obce Bohuslavice, která leží jihovýchodně od města Hlučín. Stavba byla budována během 18. století a roku 1747 slavnostně vysvěcena. Kostel je koncipován jako jednolodní a je postaven v barokním stylu. Zvláštností je to, že věž kostela je na straně východní a ne na západní, jak je tomu zvykem. Tato situace je způsobena tím, že původně byl kostel navrhován se třemi věžemi, na západní straně tak měly stát věže dvě. Nakonec tento záměr nikdy nebyl, pro nedostatek peněz, realizován. Věž je osazena třemi zvony ze sedmdesátých let 20. století. Společně s ohradní zdí a přílehlou kapličkou je kostel chráněnou kulturní památkou. [7]



Obr. 6.18 Kostel Nejsvětější Trojice

6.3.1 Stav varhanního nástroje

Elektroinstalace v kostele prošla nedávno rekonstrukcí, která je však na některých místech nevyhovující. Bodová halogenová svítidla zapuštěná do skříně varhan se mohou snadno stát příčinou vzniku požáru.

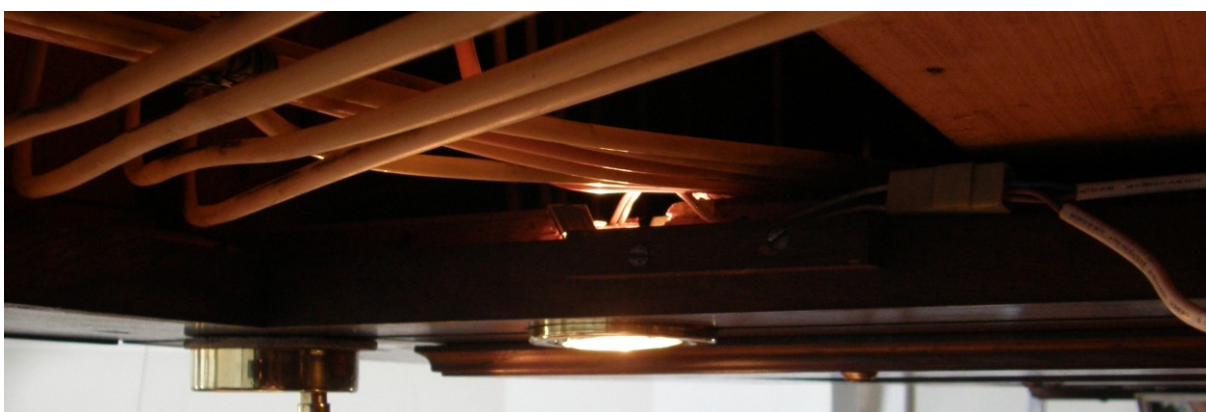


Obr. 6.19 Zápustná svítidla osvětlující hrací stůl

I když se jedná o svítidla s halogenovými žárovkami na malé napětí, povrchová teplota může poškodit či dokonce zapálit blízko umístěné slabostěnné trubičky rozvádějící vzduch po nástroji. Lze si také všimnout neodborně upevněných vodičů hřebíky.



Obr. 6.20 Pohled na zapuštěné svítidlo z vnitřní strany skříně



Obr. 6.21 Nepatřičně umístěné bodové svítidlo

Povolená teplota v bezprostředním okolí svítidla nesmí překračovat 90 °C. Bohužel se na trhu vyskytují takové výrobky, které se této teplotě ani na hony nepřibližují. Proto je lepší zvážit možnost,

zda nepoužít v zápusných svítidlech nízkoenergetické žárovky, jako jsou kompaktní zářivky nebo LED diody. Protože produkují méně tepla než klasické halogenové lampy, snižují tím riziko požáru.

Zmatečný je potom rozvod a napájení halogenových svítidel. Rozvodná krabice není opatřena doporučenou podložkou. O vhodnosti umístění napájecího transformátoru pro bodová svítidla na dřevěný podklad by se dalo polemizovat. Jednak určitě nemá potřebný stupeň krytí a při větším zatížení vyzařuje teplo do okolí. Pokud by bylo zabráněno dostatečnému proudění vzduchu, hrozí opalování okolního materiálu.



Obr. 6.22 Nevýhovující instalace předmětů na zápalném podkladu

Jistící prvky jsou umístěny v utěsněném rozváděči, který byl původně konstruován pro kontinuální míchačku stavebního materiálu. Základním problémem je chybějící proudový chránič. Vodiče jsou nedbale taženy, při vyskytnutí problému se bude těžko hledat závada.



Obr. 6.23 Rozvodná skříň nástroje

6.4 Kostel sv. Ducha v Kátlovcích, Trnava

V obci Kátlovce, v předhůří Malých Karpat, severně od slovenského města Trnava se nachází římskokatolický kostel zasvěcený Duchu svatému. Postupně jak se rozvíjela obec, rozvíjela se i snaha a potřeby místní církevní obce a ty pomalu přispívaly k rozšiřování původně menší stavby datované do roku 1710. Tato jednoduchá stavba ještě na sobě nesla znaky doznívajícího renesančního slohu a ranně barokní prvky. V průběhu následujících desetiletí byla menší stavba prodloužena o současnou loď kostela. Jedná se o jednolodní prostor zaklenutý valenou klenbou. V roce 1830 byl kostel na východní straně doplněn věží vestavěnou do hlavní fasády, v přízemí s kamenným portálem. Původní interier pocházel z první poloviny 18. století. Před kostelem je kamenná kalvárie z roku 1774.



Obr. 6.24 Kostel svatého Ducha ve slovenských Kátlovcích

V kostele se nacházel jednoduchý dřevěný kůr, který byl v 19. století nahrazen zděným. Na něm jsou umístěny varhany postavené roku 1888, které jsou vzácné pro svou mechanickou trakturu a zásuvkové vzdušnice. Varhanní skříň již nese znaky romantického klasicismu, ladění píšťal je však ještě poznamenáno barokem.

6.4.1 Popis stavu nástroje

Problémem je opět vizuální stránka umístěných ovladačů světél, motoru a zásuvky, popřípadě mikrofonu.



Obr. 6.25 Manuální klaviatura s nevzhlednými prvky

Učebnicový příklad, jak se nemají elektrické předměty ukládat do hořlavých hmot. Připojení světél nevhodnými lankovými vodiči, ještě k tomu špatně připevněnými do svorek, kdy musí vznikat velký přechodový odpor. Ten je samozřejmě nežádoucí, ve většině případů bývá iniciátorem požáru.



Obr. 6.26 Zadlabaný ovladač světelného okruhu

Zapuštěné přístroje z vnitřní strany skříně nástroje neskýtají zrovna hezký pohled. Jelikož se jedná o zápalné prostředí, předměty by měly být uloženy nehořlavých krabicích, aby bylo zabráněno styku s materiálem, který by se mohl snadno vznítit (prach, pavučiny atp.).

Zásuvka je zapojena pouze volně vedenou lankovou dvojlinkou nevhodného průřezu. Vlivem přetěžování vodičů nadproudy či přepětím je vznik lokální poruchy izolace jen otázkou času. Narůstá riziko vzniku plazivých proudů přes trhlinky v izolaci s možným následkem vznícení prachu usazeného na dvojlince. Podle dnešních pravidel je nutné použití třívodičových samozhášivých kabelů. Obdobně bledě je na tom zapojení světel. Původní pancéřový kabel, který nebyl dostatečně dlouhý, je volně uloženou svorkovnicí nadstaven dvěma vodiči. U takto nechráněných svorkovnic, kde jsou vodivé části v poměrně malých vzdálenostech, nemohou být, při velkém znečištění, splněny podmínky pro izolační oddělení. Na základě normy je nezbytné svorky uložit do rozvodky se stupněm krytí minimálně IP 54.



Obr. 6.27 Přístroje z vnitřní strany skříně



Obr. 6.28 Detail zapojení



Obr. 6.29 Bakelitová krabice bez potřebné tepelné izolační podložky

Tristní je i stav ventilátoru, který je uložen na půdě kostela. Není chráněn vůči okolním vlivům, ptactvu, ani jiným živočichům. Motor bude nutné jistojistě vyčistit, provést proplach ložisek a znovu je namazat. V horším případě ho odstranit a nahradit novým, nejlépe umístěným v utěsněné krabici. Přívodní hliníkové kabely a ochranné hadice jsou nevyhovující, čerpač nutno doplnit novým jištěním proti zkratům a tepelnou ochranou. Ovládání provést stykačově pomocí spínacího okruhu 12 V nebo 24 V. To umožní ovládat varhany pouze miniaturním spínačem situovaným u klaviatury. Spolu se zásuvkovými a světelnými okruhy pak ochranné prvky umístit do podružného rozváděče instalovaného poblíž varhan.



Obr. 6.30 Pohled na žalostný stav elektrického ventilátoru

6.5 Kostel svatého Václava ve Starém Jičíně, Nový Jičín

Obec Starý Jičín se nachází na úpatí Starojického kopce v Moravské bráně jihozápadně od města Nový Jičín. Kostel sv. Václava, o kterém byla první zmínka v roce 1376, stojí v severovýchodní části historického centra obce. Původní farní kostel kdysi tvořila jen dnešní jižní kaple sv. Kříže. V druhé polovině 16. století byl pak rozšířen a renesančně přestavěn. Právě tehdy získala věž svou atiku. Další výrazné stavební úpravy proběhly v barokní době. V letech 1715-1721 byla přistavěna patrová tribuna a presbytář, nová okna a kostelní klenba. V roce 1853 byly strženy dva staré dřevěné kůry a postavena jedna zděná hudební kruchta. Kostelní věž obsahuje tři zvony s datováním 1579, 1603 a 1735. [7]



Obr. 6.31 Čelní pohled na kostel sv. Václava ve Starém Jičíně

6.5.1 Aktuální stav nástroje

Nejvíce asi upoutá návštěvníkovu pozornost série ovládacích vypínačů s telefonem instalovaných za zády varhaníka na skříni nástroje. Ovladače jsou předpisově uloženy na izolační podložce, spínač ventilátoru, který je nehezky zadlabán, však zase nesplňuje podmínky pro uložení do hořlavých hmot. Tělo vypínače je v přímém dotyku s dřevěným podkladem. Navíc je připojen dvojlinkou s nepřiměřeným průřezem. Postupně, jak rostly požadavky na osvětlení, byly postupně vypínače

přidávány. Vždy se použil takový, jaký byl zrovna k mání. Na poslední je pak napojena stará zásuvka, patrně pro připojení malých spotřebičů. Nikdo si nelámal hlavu s ergonomií ani celkovou estetikou.



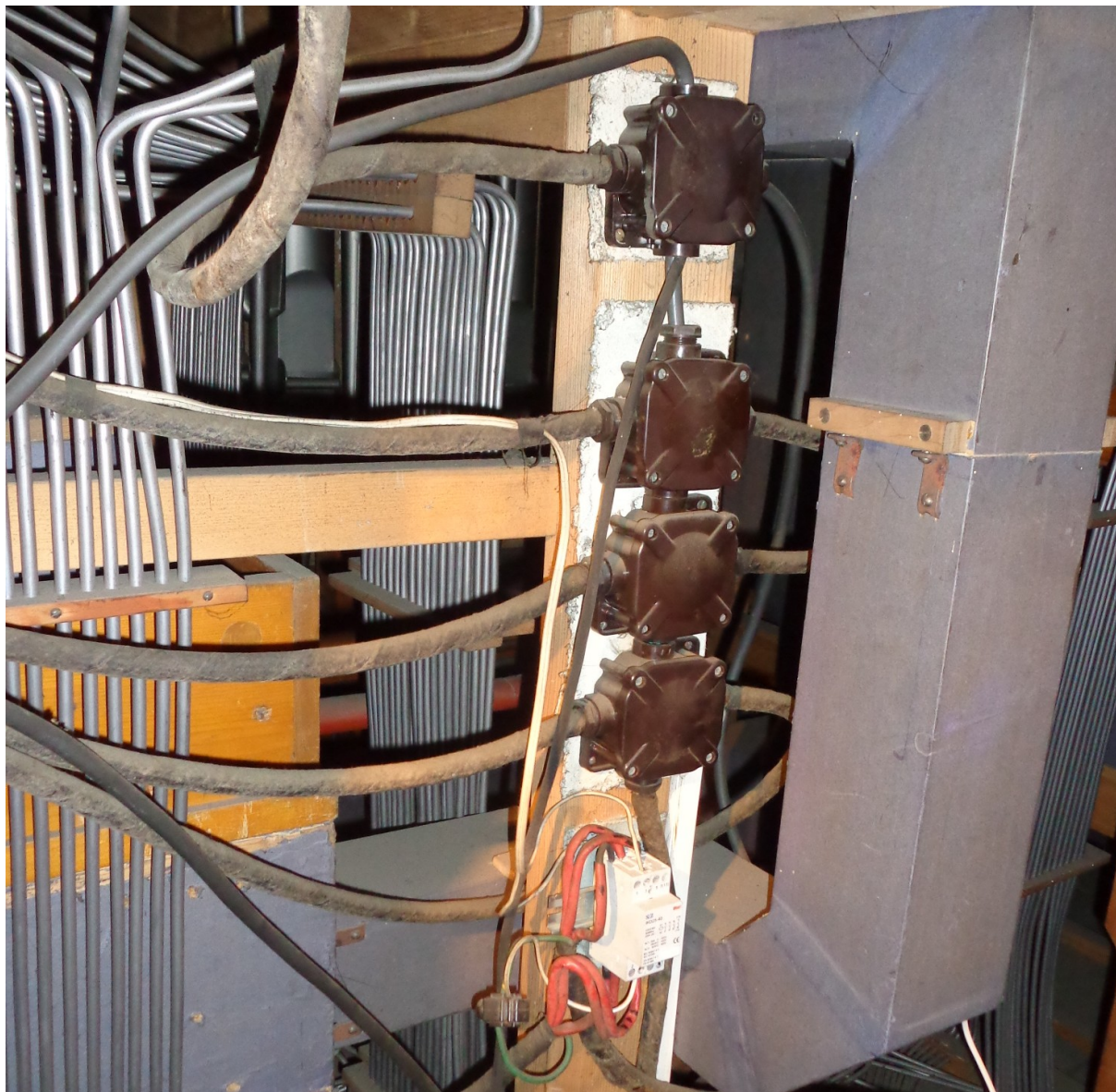
Obr. 6.32 Ovládací prvky osvětlení a motoru

Na nástroji jsou znaky i úplně první elektroinstalace, například dodneška používaná zásuvka, která citelně nezasahuje do vzhledu a je v rovnováze s ostatními ozdobnými částmi varhanní skříně. Bohužel už nesplňuje většinu dnešních norem, proto ji bude nutné demontovat, popřípadě odstranit přívodní kabel a nechat ji jen jako dekorativní prvek.



Obr. 6.33 Okrasně připevněná zásuvka

Jak již bylo řečeno, původní rozvody jsou provedeny nevhodnými pancéřovými kabely. Všechny rozvodnice byly nainstalovány na jediný sloupek, nejspíš kvůli lepší dostupnosti. Je použito starých termosetových krabic umístěných na azbestové podložce.



Obr. 6.34 Původní elektroinstalace

Kuriózním stylem bylo pak vyřešeno ovládání motoru ventilátoru pumpující vzduch do zásobníku. Stykač, který ho spíná, je nepochopitelně upevněn, sice s tepelně izolační podložkou, přímo na trám bez jakékoliv ochrany. Pro prostory s nebezpečím požáru platí obecné pravidlo, že by zde neměly být umístěny žádné spínací a jistící přístroje, které nesplňují požadavek na stupeň krytí. Jelikož všechny elektrické přístroje mají pouze stupeň krytí IP 20, je proto nezbytné je ukládat do rozváděčů s větším číslem ochrany.

Instalace na hrací skříní je udělána též neodborným způsobem. Zásuvka opatřená nehořlavou podložkou splňuje z pohledu instalace na hořlavé hmoty dané požadavky. Nelogické je ale omotání kabelu lepicí páskou. Z druhé hracího stolu je přívod k číselníku a mikrofonu situovaného vedle klaviatury. Některé vodiče jsou uloženy v bílé liště, některé pak přitlučeny hřebíky a nějaké jsou dokonce ustřiženy. O nějaké estetičnosti zde nemůže být vůbec řeč.



Obr. 6.35 Zásuvka na levé straně stolu



Obr. 6.36 Slaboproudý rozvod

7 VZOROVÉ PROJEKTY ELEKTROINSTALACE NÁSTROJE

Na každou instalaci jsou kladeny bezpečnostní, estetické a ergonomické požadavky. Ale protože jsou varhany ve většině případů jedinečný originál, elektrická instalace musí být uzpůsobena stavbě nástroje. Z tohoto důvodu nelze tedy vytvořit obecný příklad, ale nabídnout možná řešení, která by zmíněné podmínky splnila. Proto budou na smyšleném kostelním kůru s varhanním nástrojem demonstrovány jednotlivé možnosti elektroinstalace nástroje jak s mechanickou, tak elektrickou trakturou.

7.1 Nástroj s mechanickou trakturou

Jelikož se v tomto typu traktury ovládá tónová a rejstříková část mechanicky, není k chodu nástroje potřebná elektrická energie. Sice se v nynější době v hojné míře nahrazuje kalkant elektrickým ventilátorem, může ho přesto, pokud tato možnost zůstala zachována, v době výpadku stále nahradit čerpací měch poháněný lidskou silou.

V příložené projektové dokumentaci (viz. výkres 1.1) se počítá s novou elektroinstalací osvětlení schodů vedoucích na kůr a dále do dalších pater věže, osvětlení lavic a hracího stolu. Díky nízkým stropům jsou splněny podmínky normy pro minimální osvětlenost E_m , tj. 200 luxů na schodech, chodbě a 500 luxů na kůru a hracím stole. V normě je také rušivé oslnění UGR , které nesmí přesáhnout mezní dovolenou hodnotu 25. Jsou použity světelné zdroje s indexem podání barev $R_a \geq 80$. Ke spodní straně manuálové klaviatury je pak, pro osvětlení pedálové části, instalován LED pásek. Jedná se o neoptimálnější variantu. Protože jsou tyto zdroje malých rozměrů, nekazí tolik estetický ráz nástroje a jelikož vyzařované teplo je na rozdíl od ostatních světelných zdrojů minimální, nemusí být tedy opatřeny nehořlavou podložkou a mohou být jednoduše zapuštěny do všech materiálů. Jedinou nevýhodou je nutnost použití transformátoru na 12 V stejnosměrného napětí. Napájecí zdroj musí být co nejblíže ke spotřebiči, aby byl úbytek napětí na vodičích co nejmenší a nezpříčinil tak pokles svitu. V tomto případě bude skryt v útrobách hracího stolu. Zkušební výpočet osvětlenosti jednotlivých ploch byl vypracován v programu Relux a není součástí tohoto projektu.

Zásuvkové obvody jsou naplánovány a dimenzovány tak, aby k nim, v případě nutnosti, mohla být připojena topidla, popřípadě další elektrická zařízení s velkým příkonem. Při instalování do zábradlí je potřeba použít instalačních krabic, které jsou vhodné pro uložení do hořlavých materiálů.

Ventilátor umístěný v zadní části varhanní skříně musí být uložen v tlumící bedně. Motor je chráněn motorovým spouštěčem s instalovanou nadproudovou tepelnou a zkratovou spouští. Ovládání je pak provedeno pomocí klasického dvojitého tlačítka s kontrolkou, které je zapuštěno společně s ovládáním LED pásku do hracího stolu napravo od manuálové klaviatury. Příslušné schematické zapojení je na výkresu č.1.3.

Bylo myšleno i na pohodlí varhaníka - pod jeho lavici bude instalováno topidlo s vysokou sálavostí opatřené vestavěným termostatem eliminující možnost zahřátí okolního hořlavého materiálu s následným vznikem požáru. Protože je topný článek opatřen leštěným směrovým reflektorem

z eloxovaného hliníku a díky konstrukci je oddělen od hořlavého materiálu vzduchovou mezerou, není zapotřebí zařízení podkládat tepelně izolační podložkou. Topení opatřené speciální vidlicí s vypínačem a kontrolkou zapnutého stavu bude přímo zapojeno do jedné ze zásuvek připevněných v základně hracího stolu.

7.2 Varhany s elektrickou trakturou

V tomto případě byly vypracovány dvě odlišné projektové dokumentace.

Zásuvkové i světelné okruhy jsou stejné, ovládání osvětlení hracího stolu a topidla je vyřešeno pomocí instalačního relé umístěného v rozváděči. Obdobně je tomu tak i při řízení chodu motoru, kde je použit stykač. Spínací prvky spotřebičů jsou ovládány okruhem malého napětí 24 V střídavých. Je třeba poukázat na to, že v instalaci nástroje s mechanickou trakturou nebylo využito takového ovládání, ale motor byl přímo spínán jednofázovým napětím. Možné jsou obě varianty. V obvodu s ovládacím napětím 230 V tečou tak malé proudy, že nemohou způsobit výrazné oteplení či být iniciátorem požáru. Přesto se z praktických a bezpečnostních důvodů využívá první alternativu. Design ovládacích vypínačů je rozsáhlý, proto je v tomto ohledu investorovi vždy dána volná ruka.

Rozdíl však spočívá v provedení slaboproudého rozvodu a elektroinstalace jako takové. V prvním řešení (výkres č. 2.1) jsou rozvody vedeny ze vzdálenějšího rozváděče. To znamená, že napájecí kabely k nástroji musí být trasovány v lištách anebo pod prkennou podlahou kůru. Ukládání instalace do lišt je jednodušší a levnější záležitostí, avšak v některých případech ruší celkový vzhled nástroje. Oproti tomu je vedení pod podlahou z estetického hlediska mnohonásobně lepší, za to ale pracnější. Další nevýhodou je rozvod malého napětí. Jelikož elektrická traktura obsahuje několik desítek, stovek či dokonce tisícovek ovládacích prvků a elektromagnetů, nároky na napájení jsou enormní. V případě, že zdroj napětí 12 V stejnosměrných je instalován několik metrů od spotřebičů, vznikají velké úbytky napětí. Protože s klesajícím napětím klesá i schopnost spotřebiče řádně pracovat, je proto nezbytné udržet zvolené úbytky v daných mezích. Podle norem ČSN nesmí být ztráty ve vodiči větší než 2 %, tj. 0,24 V. Aby byla splněna tato podmínka, musely se použít dva kabely (pro kladný a záporný pól) o průřezu 50 mm². Při vzdálenosti deseti metrů od zdroje ke spotřebiči a použitým transformátorem s jmenovitým proudem 30 A a výkonem 360 W vychází úbytek napětí 0,21 V.

V druhém představeném případě (číslo výkresu 3.1) jsou napájecí, ovládací obvody a ochranné prvky umístěny co nejbližší ke spotřebičům. Napěťový úbytek je zanedbatelný, ušetří se tak náklady na kabely. Rozvodnice avšak musí být, kvůli nevhodnému vzhledu, instalována uvnitř varhanní skříně a to není ve všech nástrojích, z důvodu nedostatku místa, dovoleno. Pokud tomu tak bude, použije se první varianta elektroinstalace s tím, že se místo jednoho napájecího zdroje jich využije několik.

Kromě klasických spínaných napájecích zdrojů lze také použít toroidní transformátory 230 V / 12 V. Ty je ale nutné na výstupu opatřit můstkovým usměrňovačem a vhodnými vyhlazovacími kondenzátory, aby bylo možné dostat na potřebných 12 V DC. Jejich výhodou je nižší pořizovací cena, hmotnost a menší rozměry než u klasických zdrojů stejného výkonu. Jsou náročnější na montáž a problémem je také velký proudový náběh. Aby se zabránilo vybavování předřadného

ochranného prvku, je před transformátorem zapojeno speciální elektronické relé TrafoSTART. Principiálně je založeno na kontrole jádra transformátoru během rozběhu. V jednotlivých půlperiodách napájecího napětí je jádro přemagnetováno na opačnou polaritu s přesně definovaným přírůstkem magnetizace, nastaveném podle typu transformátoru. Magnetovací impulsy jsou pak samovolně seřizovány podle průběhu primárního napětí a je tak zajištěna bezchybná funkce s libovolnou zátěží sekundárního vinutí transformátoru. Metoda řízení rozběhu transformátoru tak zcela eliminuje jeho zapínací proud při minimální době rozběhu.

Základem řízení elektrické či hybridní traktury jsou v dnešní době výkonové moduly v podobě desek plošných spojů. Energie je však stále rozváděna pomocí vodičů. V závislosti na počtu připojených magnetů se odvíjí potřebný průřez vodiče. Na ovládaný magnet jsou přivedeny dva vodiče, které tvoří spolu s kontaktem umístěným v hracím stole uzavřený obvod. Rozvod elektřiny může být proveden i jiným způsobem. Na elektrický pól mínus, který byl veden v podobě stříbrného pásku celým nástrojem, jsou napojeny všechny záporné póly magnetů traktury. Na kladný pól pak stačí přivést potřebné ovládací napětí. Tím pádem není potřeba ke každému magnetu vést zvlášť dva vodiče. Ovládání je provedeno tak, že každý pohyb kontaktu je převeden na elektrický signál, který je zpracován pomocí logických funkcí. Příslušný impuls je od stolu veden žilovým ohebným kabelem do skříně nástroje, kde řídí výkonový člen, jenž pak elektricky ovládá odpovídající elektromagnety pod vzdušnicí. Varhanní nástroje mají nesčetné množství elektrických magnetů, proto je tato možnost výhodnější, variabilnější a ekonomicky přívětivější než kdyby se od každého spínače ovládal jen jeden elektromagnet.

Všechny elektrické obvody musí být podle platných předpisů jistěny. Proto je nezbytné použít dostačující ochranu, která má zajistit co nejrychlejší odpojení poškozené části obvodu od zdroje. Obvody opatřit klasickými jističi charakteristiky B, v případě motorů a napájecích zdrojů elektrické traktury větších výkonů typem C. Elektrické obvody nízkého napětí uložené v hořlavých materiálech a zásuvky obsluhované laiky musí být chráněny proudovým chráničem. Nebo lze použít místo zmíněných prvků jističochrániče. Ochranu jak polovodičových obvodů, tak i samotných elektromagnetů je nejlépe provést pojistkami. Sice jsou, na rozdíl od jističů, na jednorázové použití, ale dokážou spolehlivě odpojit postižený obvod od zdroje při nadproudu. Výběr pojistky závisí na procházejícím proudu. Nesmí však jistit obvod, ve kterém by mohl vzniknout větší zkratový proud I_K než je její zkratová odolnost I_Z udaná výrobcem. Pokud by se tak stalo, došlo by k mechanickému poškození pojistky a k případnému ohrožení okolí nebo také možnému vzniku požáru.

Jak již bylo řečeno, celková podoba elektroinstalace traktury je závislá na stavbě kostelního kůru, potažmo varhanního nástroje. Je vždy potřeba najít kompromis mezi estetickým, ergonomickým a ekonomickým stanoviskem. Nejdůležitější aspektem všech instalací nicméně musí být bezpečnost. Ta vždy musí stát na prvním místě pomyslného žebříčku.

Vypracované projekty rozvodu elektroinstalace pro nástroj s elektrickou trakturou mohou být také předlohou pro návrh traktury pneumatické nebo smíšené.

8 VÍCEKRITERIÁLNÍ ANALÝZA ZPRACOVANÉHO PROJEKTU

Multikriteriální analýza se zabývá hodnocením možných alternativ podle několika kritérií, přičemž alternativa hodnocená podle jednoho kritéria zpravidla nebývá nejlépe hodnocená podle kritéria jiného. Metody vícekritériálního rozhodování poté řeší konflikty mezi vzájemně protikladnými kritérii. Rozhodováním se pak rozumí výběr jedné varianty ze seznamu v dané situaci potenciálně realizovatelných variant na základě většího množství kritérií.

8.1 Teorie multikriteriální analýzy

V úlohách vícekritériálního hodnocení variant má množina rozhodovacích variant, kterou lze označit písmenem A , konečný počet prvků. Po úvodních úkonech, spočívajících v určení hodnotících kritérií a metody získání kvantitativních údajů o hodnotách těchto kritérií pro jednotlivé rozhodovací varianty, lze úlohu multikriteriálního hodnocení variant charakterizovat tzv. kritériální maticí. V této matici sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám. Budou-li prvky označeny kritériální matice y_{ij} , kde $i = 1, 2, \dots, p$ a $j = 1, 2, \dots, k$, můžeme kritériální matici zapsat ve tvaru:

$$\begin{matrix} & f_1 & f_2 & \dots & f_k \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_p \end{matrix} & \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1k} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2k} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{p1} & y_{p2} & \dots & y_{pk} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (8.1)$$

Pokud není uvedeno jinak, předpokládá se, že všechna kritéria jsou stanovena jako maximalizační. Tím se rozumí, že varianta je tím lepší, čím je hodnota kritéria větší. Avšak jestliže jsou v původním zadání úlohy některá z kritérií uvedena jako minimalizační, nebývá obtížné je přetransformovat tak, aby byla maximalizační. [20]

Hypotetickou nebo reálně existující variantu, která dosáhne ve všech kritériích nejlepších možných výsledků, se nazývá varianta ideální. Opačným případem ideální varianty je ta, která má všechny hodnoty kritérií na nejnižším stupni. Taková varianta se nazývá bazální. [8]

8.1.1 Obecný postup při řešení multikriteriálního hodnocení variant

Při stanovení, vymezení a výběru metody vícekritériálního hodnocení variant na podporu rozhodování je nutno vědět, o čem a z jakých hledisek se má rozhodovat, jaké cíle mají být splněny a k jakému časovému horizontu se má výsledek vztahovat. Obecný postup vícekritériálního hodnocení variant zahrnuje několik samostatných kroků.

1. Vytvoření množiny kritérií hodnocení

Vytvořením soustavy kritérií je nejdůležitějším krokem v celém postupu, kterým je možné ovlivnit celkové výsledné hodnocení. Soubor kritérií musí dobře popisovat podstatné vlastnosti hodnocených variant nebo objektů. Pokud tomu tak nebude, došlo by k velkému zkreslení výsledků hodnocení. Po stránce věcné lze zařadit kritéria do určitých skupin podle hledisek hodnocení. V tomto případě bezpečnostní, estetická, ergonomická, ekologická atp. Po stránce formální je nutné rozlišovat kritéria dle povahy (maximalizační nebo minimalizační) a podle kvantifikovatelnosti (kvantitativní či kvalitativní). [20]

2. Stanovení vah kritérií

Jedná se o krok, který těsně souvisí s úplností soustavy kritérií odrážející významné vlastnosti varianty. Pro stanovení vah existuje celá řada metod. Nejjednodušší jsou metody přímé, při kterých se zcela subjektivně určují váhy kritérií v předem dané bodové stupnici. Sem patří například metoda bodová. Do druhé skupiny patří metody nepřímé, z nichž se asi nejvíce používá metoda párového srovnání, kam lze zařadit třeba metodu Fullerova trojúhelníka nebo Saatyho metodu. [8]

3. Stanovení vzorových hodnot kritérií

Vytyčení souboru vzorových hodnot kritérií může mít charakter detailně vypracovaného vzoru objektu, s nímž jsou další hodnocené varianty srovnávány s cílem získat kopii tohoto objektu nebo jsou vlastnosti vzoru záměrně redukovány na podstatné vlastnosti řešeného objektu, které jsou pak při hodnocení předmětem porovnávání. [8]

4. Hodnocení výsledků jednotlivých variant

Posuzovaná varianta pokaždé splňuje daným způsobem a v určité míře předem dané cíle. Jak hodně se podařilo tyto cíle posuzovanou variantou splnit je předmětem hodnocení dosažených výsledků variant. V praxi se velmi často vyskytují případy, kdy je třeba se rozhodnout o variantách co nejlépe a pokud možno, tak i co nejdříve. V těchto případech se spoléhá na způsoby hodnocení, které jsou založeny na kvalitativních expertních odhadech. Vlastní postup při hodnocení výsledků se skládá z dílčího (jednokriteriálního) hodnocení a syntézy dílčích hodnocení variant v jejich celkovém vícekritériálním vyhodnocení. [8]

5. Posouzení rizik

Rizik je celá řada. Je dobré zdůraznit, že kterékoliv z nich se může stát při konkrétním hodnocení primárního významu a ovlivnit tak celkový výsledek hodnocení. Řeč je například o správnosti formulace daného problému, úplnosti a výstižnosti vyjádření podstatných vlastností objektu, metodě tvorby a hodnocení variant celkového řešení nebo náhodných okolností, které by mohly nastat a ohrozit tak uskutečnění vybrané varianty. [20]

6. Výběr nejvhodnější varianty

Posledním krokem je výběr varianty, která se stala nejvhodnějším řešením pro daný problém.

8.1.2 Metody určování vah kritérií

Většina metod vícekritériálního rozhodování vyžaduje informaci o relativní důležitosti jednotlivých kritérií, kterou lze vyjádřit pomocí vektoru vah kritérií:

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k), \quad \sum_{i=1}^k v_i = 1, \quad v_i \geq 0 \quad (8.2)$$

Obecně platí, že čím je důležitost kritéria větší, tím je větší i jeho váha. Získat od uživatele přímo hodnoty vah je velmi obtížné, avšak existují metody, které na základě jednodušších subjektivních informací od uživatele konstruují odhady vah. [20]

- **Metoda pořadí**

Tato metoda vyžaduje pouze stanovení pořadí kritérií podle důležitosti. Uspořádaným kritériím jsou přiřazena čísla $k, \dots, 1$. Nejdůležitějšímu kritériu je přiřazeno číslo k (počet kritérií), druhému nejdůležitějšímu $k - 1$ a až nejméně důležitému číslo 1. Číslo b_i je přiřazeno i -tému kritériu. [8]

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (8.3)$$

Součet čísel b_i ve jmenovateli je součtem prvních k přirozených čísel:

$$\sum_{i=1}^k b_i = \frac{k(k+1)}{2} \quad (8.4)$$

- **Bodovací metoda (Metfesselova alokace)**

Předpokládá, že je uživatel schopen kvantitativně ohodnotit důležitost jednotlivých kritérií. Důležitost kritérií hodnotí bodově v dané stupnici, například $b_i \in \langle 0, 100 \rangle$. Čím je kritérium důležitější, tím je bodové hodnocení vyšší. Výpočet vah se provádí dle vztahu 8.3. [20]

- **Metoda párového srovnání (Fullerova metoda)**

U této metody se používá pro odhad vah pouze informace, které ze dvou kritérií je při párovém srovnání důležitější. Uživatel postupně srovnává každá dvě kritéria mezi sebou, takže počet srovnání je rovno:

$$N = \binom{k}{2} = \frac{k(k-1)}{2} \quad (8.5)$$

Srovnání se mohou provádět v tzv. Fullerově trojúhelníku. Kritéria se pevně očísloví pořadovými čísly $1, 2, \dots, k$. Uživateli se předloží trojúhelníkové schéma, jehož dvojřádky tvoří dvojice pořadových čísel, uspořádaných tak, že se každá dvojice kritérií vyskytne právě jedenkrát. Potom je požádán, aby zakroužkováním označil u každé dvojice to kritérium, které považuje za důležitější. [20] Počet zakroužkování i -tého kritéria označíme n_i . Váha i -tého kritéria se pak vypočte dle následujícího vzorce:

$$v_i = \frac{n_i}{N}, \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (8.6)$$

Fullerův trojúhelník má takovéto schéma:

1	1	1	.	1
2	3	4	.	k

	2	2	.	2
	3	4	.	k

		.	.	k

		$k - 2$	$k - 2$	
		$k - 1$	k	

			$k - 1$	
			k	

- **Metoda kvantitativního párového srovnávání (Saatyho metoda)**

Při vytváření matice párových srovnání $S = (s_{ij})$, kdy $i, j = 1, 2, \dots, k$, se často používá stupnice 1, 2, 3, ..., 9. Prvky matice s_{ij} jsou vykládány jako odhady podílu vah i -tého a j -tého kritéria. Této matici se říká Saatyho matice:

$$s_{ij} \approx \frac{v_i}{v_j}, \quad i, j = 1, 2, \dots, k \quad (8.7)$$

Důvody pro zvolený rozsah stupnice jsou okolnosti, že všechny prvky by měly být stejného řádu, k vyjádření preferencí existuje i bodová stupnice:

- 1 - rovnocenná kritéria i a j
- 3 - i je slabě významnější než j
- 5 - i je silně významnější než j
- 7 - i je velmi významnější než j
- 9 - i je absolutně významnější než j

Sudý počet bodů vyjadřuje mezistupně a slouží k jemnějšímu rozlišení preferencí. [8]

Jednoduchý způsob určení vah kritérií ze zadané matice S pak spočívá ve výpočtu geometrického průměru každého řádku této matice:

$$g_i = \sqrt[k]{\prod_{j=1}^k s_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, k \quad (8.8)$$

a následné normalizace určených vah tak, aby byla splněna podmínka:

$$\sum_{i=1}^k v_i = 1, \quad v_i \geq 0 \quad (8.9)$$

Normalizovat pak lze například vztahem:

$$v_i = \frac{g_i}{\sum_{i=1}^k g_i}, \quad i, j = 1, 2, \dots, k \quad (8.10)$$

8.1.3 Multikriteriální vyhodnocovací metody

Velká část metod multikriteriálního vyhodnocování variant požaduje jako nejdůležitější informaci o důležitosti kritérií. Tu je možno vyjádřit pomocí vektoru vah:

$$v = (v_1, v_2, \dots, v_k), \quad \sum_{i=1}^k v_i = 1, \quad v_i \geq 0 \quad (8.11)$$

- **Metoda shody a neshody (CDA)**

Jde o často využívanou metodu, která je založena na porovnávání alternativ výběru po dvojicích. Vyměřuje stupeň, kterým varianty výběru a váhy faktorů potvrzují či popírají vzájemný poměr mezi alternativami. Rozdíly ve váhách faktorů a hodnocení kritérií jsou pomocí metody shody a neshody rozebírány odděleně. [8]

Index shody alternativy A s alternativou B je definován jako podíl součtu vah těch kritérií, pro která je hodnocení A větší nebo rovno hodnocení B a součtu vah všech kritérií. Pak tedy platí:

$$C_{AB} = \frac{\sum W_j \text{ pro } e_{Aj} \geq e_{Bj}}{\sum W_j} \quad (8.12)$$

Index neshody alternativy A s alternativou B je dán jako podíl, kde je čitatel roven maximálnímu rozdílu vážených hodnocení, pro která je hodnocení A menší než hodnocení B a jmenovatel je roven

maximálnímu rozdílu vážených hodnocení všech alternativ pro kritérium vykazující maximální hodnotu výše definovaného čitatele:

$$D_{AB} = \frac{D_1}{D_2} = \frac{\max_j (W_j \cdot e_{Aj} - W_j \cdot e_{Bj}) \text{ pro } e_{Aj} < e_{Bj}}{\max_i W_m \cdot e_{im} - \min_i W_m \cdot e_{im}}, \quad m = j, \quad D_l = \max \quad (8.13)$$

Úplný index neshody alternativy A lze pak získat jako součet všech indexů shody alternativy A ke všem ostatním:

$$C_A = \sum_{j=1}^J C_{Aj} \quad (8.14)$$

Souhrnný index neshody možnosti A lze pak dostat jako součet všech indexů shody alternativy A ke všem ostatním:

$$D_A = \sum_{j=1}^J D_{Aj} \quad (8.15)$$

Posledním krokem je pak seřazení variant podle rostoucí nebo klesající hodnoty CDA. [20]

- **Metoda váženého součtu (WSA)**

Tato metoda vytváří celkové hodnocení pro každou variantu, proto ji lze využít jak pro hledání nejvýhodnější, tak i pro uspořádání alternativ podle výhodnosti. Jedná se o speciální případ metody funkce užitku. [20]

Vytvořením normalizované matice $R = (r_{ij})$, jejíž prvky je možné získat z kritériální matice $Y = (y_{ij})$ pomocí transformačního vzorce:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - D_j}{H_j - D_j} \quad (8.16)$$

Matice představuje soupis hodnot užitku z i -té varianty podle j -tého kritéria. Podle vzorce 8.16 se lineárně transformují kritériální hodnoty tak, že $r_{ij} \in < 0,1 >$, bazální variantě D_j odpovídá nulová hodnota ve sloupci j a ideální variantě H_j odpovídá maximální hodnota kritéria ve sloupci j . Pokud kritérium v daném sloupci j není maximalizační, jak předpokládá vzorec 8.16, je nutné pro případ minimalizačního kritéria (bazální varianty) provést normalizaci sloupce v matici pomocí vztahu:

$$r_{ij} = \frac{H_j - y_{ij}}{H_j - D_j} \quad (8.17)$$

Následně se pro jednotlivé varianty vypočítá celkový užitek:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j \cdot r_{ij} \quad (8.18)$$

Nakonec se varianty seřadí sestupně podle vypočítaných klesajících hodnot užitku a alternativa, která dosáhne největší hodnoty užitku, bude vybrána jako nejlepší řešení rozhodovací úlohy. [20]

- **Analýza ideálních bodů (IPA)**

Je založena na odchylce mezi souborem ideálních řešení a souhrnem efektivních řešení. I přestože ideální řešení neexistuje, slouží jako důležitý vzor. Nejlepší řešení je takové, které je nejméně vzdáleno od ideálního. Jedná se o podobnou analýzu, jakou je metoda váženého součtu, jen s tím rozdílem, že hodnota s nejmenším užitekem je zde nejlepší a naopak. [8]

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^k v_j \cdot (1 - r_{ij}) \quad (8.19)$$

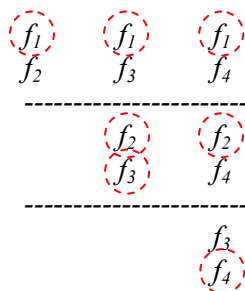
Dalšími metodami, které se ve vícekritériální analýze využívají, jsou například TOPSIS, která minimalizuje vzdálenosti od ideální varianty. Dále pak permutační metoda, metoda bazické varianty, postupné substituce, konjunktivní nebo disjunktivní metoda atd.

8.2 Zjednodušený příklad vícekritériální analýzy projektu

Na základě vypracovaného vzorového projektu nástroje s mechanickou trakturou bude vytvořena obecná ukázka, jak by se dalo postupovat při výběru té nejschůdnější varianty. Jako první se zvolí určitá kritéria. Pro tento názorný příklad se bude pracovat se čtyřmi základními kritérii:

- kritérium f_1 : bezpečnost (max)
- kritérium f_2 : investiční náklady (min)
- kritérium f_3 : cena vypracovaného projektu (min)
- kritérium f_4 : spotřeba elektrické energie (min)

Pokud se řeší daný problém některou z metod multikritériální analýzy, která bude vyžadovat znalost vah kritérií, lze použít metodu Fullerova trojúhelníku:



Jelikož bezpečnost je vždy nejdůležitější, je označena třikrát, tzn. $n_1 = 3$ body. Investiční náklady jsou zakroužkovány jednou (1 bod) a jednou jako stejně důležité s cenou vypracovaného projektu, tudíž celkově má kritérium f_2 1,5 bodu. Kritérium f_3 má ze stejného důvodu také 0,5 bodu. Spotřeba elektrické má jeden bod, $n_4 = 1$. Dle vztahů 8.5 a 8.6 se pak určí váhy jednotlivých kritérií, tedy důležitost, jakou jim je přidělena. Součet všech vah kritérií se potom musí rovnat jedné.

Tab. 8.1 Váhy kritérií vypočtené pomocí metody Fullerova trojúhelníku

Kritérium	v_i
Bezpečnost (f_1)	0,5
Investiční náklady (f_2)	0,25
Cena vypracovaného projektu (f_3)	0,083
Spotřeba elektrické energie (f_4)	0,167

Dejme tomu, že pro nástroj s mechanickou trakturou jsou v tomto případě pro jeden kůr vypracovány čtyři varianty řešení. Váhy kritérií jsou dány - bezpečnost je určena bodovou stupnicí (nejhorší 0, nejlepší 10), investiční náklady a cena vypracovaného projektu uvedeny v tis. Kč, spotřeba elektrické energie v kWh. Podle 8.1 se vytvoří kritériální matice Y pro jednotlivé vstupní varianty:

$$\begin{matrix} & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 \\ \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 8 & 168 & 17 & 5,9 \\ 10 & 192 & 19 & 6,7 \\ 9 & 185 & 15 & 6,3 \\ 7 & 173 & 13 & 7,2 \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Určení minimální D a maximální H hodnoty z každého sloupce j :

$$D = (7; 168; 13; 3,6)$$

$$H = (10; 192; 19; 7,2)$$

Dále se pomocí transformačních vzorců vytvoří normalizovaná kritériální matice. Pro maximalizační kritéria (označeny „max“) bude použit vzorec 8.16 a minimalizační („min“) kritéria se vypočítají podle 8.17. Výsledná matice pak vychází takto:

$$\begin{bmatrix} 0,334 & 1 & 0,334 & 0,361 \\ 1 & 0 & 0 & 0,139 \\ 0,667 & 0,292 & 0,667 & 1 \\ 0 & 0,791 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

Následně se každý prvek v určitém sloupci vynásobí váhou příslušnou k danému kritériu podle vzorce 8.18. Například, pro první řádek matice (variantu a_1), je užitek takový:

$$u(a_1) = 0,334 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,25 + 0,334 \cdot 0,083 + 0,361 \cdot 0,167 = 0,504$$

Dále pak pro ostatní varianty:

$$u(a_2) = 0,1 \cdot 0,5 + 0 \cdot 0,25 + 0 \cdot 0,083 + 0,139 \cdot 0,167 = 0,523$$

$$u(a_3) = 0,667 \cdot 0,5 + 0,292 \cdot 0,25 + 0,667 \cdot 0,083 + 1 \cdot 0,167 = 0,628$$

$$u(a_4) = 0 \cdot 0,5 + 0,791 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,083 + 0 \cdot 0,167 = 0,281$$

Maximální hodnoty užitku tedy dosahuje varianta a_3 a tím pádem bude vybrána jako nejlepší. Sice z hlediska bezpečnosti není na prvním místě, ale dobře skloubila všechna požadovaná kritéria do jednoho celku.

Vytvořený příklad na základě smyšlených kritériálních údajů měl hlavně ukázat, jak si při takovém vyhodnocování dat poradit. V praxi by se mezi kritérii měla určitě objevit bezpečnost, jak požární, tak i ochrana proti nebezpečnému dotyku, estetika a ergonomie nástroje a peněžní náklady.

9 ZÁKLADNÍ PRŮZKUM TRHU POUŽITÝCH KOMPONENTŮ

Pokud jde o silnoproudou část zpracovaných projektů, na trhu je v dnešní době mnoho firem nabízejících nepřeberné množství produktů. Budou zde proto zmíněni jen ti největší. V případě komponentů pro elektrickou trakturu jsou výrobci převážně ze zahraničí.

Kabely použité v modelových projektech jsou od firem Draka Kabely [28], PRAKAB [29] a NKT Cables. Jedná se o jedny z největších výrobců u nás, kteří disponují velmi širokým sortimentem instalačních, silových, zabezpečovacích a sdělovacích kabelů, šňůr a vodičů.

Nástěnné rozváděče patří firmám ABB, OEZ Letohrad a Moeller či Schneider Electric. Výrobce ABB nabízí ve svém portfoliu rozvodnice na povrch se stupněm krytí IP 40, IP 55, IP 65 v řadách Europa, Fly a Mistral. Více informací uvádí na svých stránkách [30]. OEZ Letohrad vyrábí plastové rozvodnicové skříně, typ RNG (IP 40) a ECO (IP 55) [31]. Dalším je Moeller se svými nástěnnými rozváděči BC-A, Xboard BC-O (obě IP 40) a s vyšším krytím IP 55 a IP 65 FKV-O7-FR a BC-MP65. Podrobné informace zprostředkovává na domovských stránkách [32]. Rozvodnice Pragma s krytím IP 40 a modulární systém Kaedra (IP 65) nabízí na svých internetových stránkách firma Schneider Electric [33]. Neméně známou je i značka Hager vyrábějící rozvodnice v řadách golf a volta (IP 30) či vector (IP 54/65). Často se používají i komponenty společnosti Legrand a to rozvodnice Ekinox a Nedbox s IP 30, do náročných podmínek potom Plexo³ (IP 65) [34].

Jističí přístroje, proudové chrániče, relé a stykače vyrábí všechny zmíněné firmy v různých produktových řadách. V projektech je použito modulárních přístrojů MINIA, které prodává OEZ Letohrad. Co se týče spouštěčů motorů, u každého vzorového projektu je instalován podobný typ odlišného výrobce - Moeller (PKZM01), Schneider Electric (GV2ME) a ABB (MS116).

Napájení ovládacích prvků malého napětí je realizováno pomocí transformátorů instalovaných v rozváděči. Konkrétně se jedná o COMATEC TBD2/24 V AC. Výrobce takovýchto napájecích zdrojů je také přehršel - třeba OEZ či ELKO EP [35]. Lze použít i klasické nebo toroidní transformátory 230 V/24 V.

Pro osvětlení byla použita svítidla MODUS se stupněm krytí IP 40, pro prašné prostředí Greenlux s IP 54 a reflektorové svítidlo DIREZZA firmy Rendl. Dalším možným konkurentem je výrobce interiérových svítidel HALLA nebo společnost Trevos. Nejznámějšími výrobci světelných zdrojů jsou OSRAM, Philips a Panasonic. LED pásy od firem TRON a McLED. Napájení pak T-LED, Kanlux [36], MEANWELL atd.

Použité vypínače a zásuvky Tango jsou společnosti ABB, které mohou být přímo instalovány do hořlavých materiálů. Velkými výrobci domovních prvků je i Schneider Electric s produktovými řadami Unica, Anya a Merten. Dále pak například ELKO EP s designem LOGUS90 či Legrand. Výhradním tuzemským producentem elektroinstalačního materiálu je podnik KOPOS [27], následuje slovenský výrobce SEZ Dolný Kubín.

Napájení slaboproudých obvodů se dá provést spínaným napájecím zdrojem s velkým výkonem nebo toroidním transformátorem, který bude mít na výstupu usměrňovací prvky na stejnosměrné napětí. Zdrojů 12 V DC na trhu s velkým výstupním proudem není mnoho. Ve vzorovém projektu je využit spínaný zdroj pro průmyslové aplikace společnosti DEHOR NES SZ 20 24/230.1 A30

B12 s jmenovitými hodnotami 30 A/360 W [37]. Nabízí se také napáječ německé firmy ELC ALE 1225 25 A/300 W. Oba dva je možné připevnit na DIN lištu v rozvodnici. Pro potřebu vyššího výkonu je vhodný zdroj THX 480-112 40 A/480 W výrobce TRACOPOWER nebo typ SP-480-12 se stejnými parametry od firmy MEANWELL [38]. Poslední dva zmíněné musí být umístěny do míst se stálou cirkulací vzduchu kvůli chlazení. Druhou možností je použití toroidních transformátorů, třeba Kanlux OTON RT300-1011K 12 V/300 VA či INDEL TST300/02 2x12 V. Nebo využít více takovýchto trafů menších výkonech. Jejich relativně nízkou cenu stírá nutnost zařazení do obvodu, kvůli vysokému náběhovému proudu, termistor nebo speciální relé TrafoStart TS1211 od výrobce KMB Systems, které metodou řízení rozběhu transformátoru úplně odstraní zapínací proudový ráz [39].

Výběr topidla závisí na velikosti prostoru, kam má být instalováno. Pokud je to možné, jeví se jako lepší varianta instalace nízkoteplotního sálavého panelu pod manuálovou klaviaturu hracího stolu. V tom případě by byl vhodný infrapanel FENIX ECOSUN K+, u kterého výrobce přímo uvádí možnost upevnění do kostelních lavic [40]. Pokud se zvolí klasická varianta, tedy montáž pod sedací plochu lavice varhaníka, je možné vybrat topidlo SH od společnosti Sefen [41] nebo firmy KRES Tábor, která jich nabízí několik. Všechny zmíněné mají potřebnou atestaci pro instalaci na hořlavé podklady.

Specifické ventilátory vhodné přímo pro varhanní nástroj vyrábí jen několik společností. K nejznámějším producentům zařízení patří německá společnost Laukhuff Orgelteile s typovými řadami Ventus a Ventola [26], maďarská KÖNYVES és FIA KFT se sérií LVM [42] a anglická B.O.B. Stevenson s produktovým značením T.O.T a XB. U nás byla nejznámějším výrobcem ventilátorů světoznámá krnovská firma Rieger - Kloss.

S prvky elektrické traktury je to obdobné jako v případě dmychadel. Prim na trhu drží jen několik mezinárodních výrobců. Jedná se opět o Laukhuff, Rieger - Kloss, dále Heissler Orgelbau, Heuss Orgelteile. Znamé jsou také americké společnosti Organ Supply (dříve W. H. Reisner Organ Parts) [43] a Peterson Electro – Musical Products.

ZÁVĚR

Hlavním cílem této diplomové práce bylo vytvořit modelové příklady elektroinstalace varhanního nástroje s mechanickou a elektrickou, popřípadě pneumatickou trakturou, včetně celkového zpracování souvisejících platných norem a nařízení pro instalace umístěných v zápalných materiálech.

Každý z vypracovaných projektů elektroinstalace se sice od sebe liší, avšak všechny musí splňovat takové podmínky, aby byla dodržena nejen ochrana proti nebezpečnému dotyku, ale také i z hlediska požární bezpečnosti. Z tohoto důvodu se musí použít kromě základních přístrojů rovněž ochranná tepelná relé a proudové chrániče, které by zabránily nežádoucímu oteplení a úniku proudu a tím pádem možnému zahoření vznětlivých látek. Ve všech třech návrzích se počítá s trasováním kabelů pod prkennou podlahou kůru či stropy, které se tak v reálném řešení běžně využívá. V nutných případech a jen ojediněle se používá vkládacích lišt, protože musí být dodržen původní estetický vzhled nástroje. Koncepty počítají také s dostatečnou osvětleností, jenž musí být podle hygienických norem v každém případě splněna.

Rozdíl mezi elektroinstalací s mechanickou a elektrickou trakturou je jasně patrný již na první pohled. Mechanická totiž ke svému chodu nepotřebuje, kromě motoru ventilátoru, se kterým se počítá ve všech variantách, elektrickou energii. Tím pádem není nutné řešit napájení pro prvky elektrické traktury. Různě jsou navrženy i ovládací obvody elektroventilátoru, osvětlení a topidla. Je to z toho důvodu, aby byla ukázána variabilita řešení, která se při provádění instalace nabízí. Samozřejmě záleží na dané situaci a výsostném přání investora. Na dvou projektech s elektrickou trakturou je demonstrován odlišný způsob rozvodu energie. V prvním případě jsou všechny prvky napájeny ze vzdálenějšího rozváděče. Pro napájení výkonových členů a elektromagnetů traktury je toto východisko nevhodné, jelikož při průchodu vodiči vznikají vysoké ztráty a úbytky napětí. Aby se těmto úbytkům zabránilo, musí být použito kabelů někdy až nesmyslných průřezů. To se nakonec též promítne do investičních nákladů. Výhodnější je tedy umístit rozváděč co nejbližší hracímu stolu a odběru elektrické energie, ve skutečnosti se vždy upevňuje do nitra varhanní skříně. Tím klesne vznikající úbytek na minimum, sníží spotřeba materiálu a v závislosti na tom také konečná cena. Díky těmto dvěma kritériím se v praxi nejvíce využívá týž způsob provedení.

Výběr správné multikriteriální vyhodnocovací analýzy, stejně jako metody vah kritérií, je poměrně komplikovaná záležitost a závisí na druhu stavby, použité traktuře a důležitosti jednotlivých kritérií, kterých je nesčetně mnoho. Vždy se ale musí srovnávat takové elektroinstalace, které jsou rovnocenné. Příkladem může být porovnávání instalace nástroje s mechanickou a elektrickou trakturou. Kvůli rozdílným požadavkům na rozvod energie bude ekonomické vyhodnocení zkreslené a celkové výsledky pak zavádějící.

Na každou instalaci jsou kladeny bezpečnostní, estetické, ergonomické a ekonomické požadavky. Poněvadž všechny instalace kostelního kůru mají svá specifika a nedají se zobecnit, vždy se musí přijít s určitým řešením, jenž by uvedené podmínky splnilo. Tyto projekty a celá práce má proto sloužit jako základní předloha pro zpracování konkrétních projektů elektroinstalace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

TIŠTĚNÉ ZDROJE

- [1] BĚLSKÝ, Vratislav. *Nauka o varhanách pro 2. a 5. ročník konzervatoře*. 1. vydání, Praha: Supraphon, 1982, 173 s.
- [2] ŠLECHTA, Milan. *Dějiny varhan a varhanní hudby v Evropě*. 2. přepracované vydání. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1985, 134 s.
- [3] PEČMAN, Rudolf. *Varhany: perspektivy a návraty*. 1. vydání. Brno: Koncertní oddělení Parku kultury a oddechu, 1983, 99 s.
- [4] BERKA, Štěpán; *Elektrotechnická schémata a zapojení 2.*, Praha: BEN - technická literatura, 2010, 229 s. ISBN 978-80-7300-254-1.
- [5] ZÁVODNÝ Jindřich, SMOLKA Václav, CHLÁPEK Svatopluk a kolektiv. *Základy stavby varhan*. Krnov: SUŠ varhanářská o. p. s. Krnov, 1982.
- [6] JIRUŠKA, Jiří. *Elektrická instalace v hořlavých hmotách a na hořlavých podkladech*. 2. doplněné vydání. Praha: IN-EL, 1999, 84 s. ISBN 80-86230-60-3.
- [7] KUČA, Karel: *Města a městečka v Čechách, na Moravě a ve Slezsku*. 1. vydání. Praha: Libri, 2000.
- [8] HRADÍLEK, Zdeněk. *Elektroenergetika distribučních a průmyslových sítí*. 1. vydání. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2008, 210 s. ISBN 978-80-248-1696-8.

ELEKTRONICKÉ ZDROJE

- [9] ŽIŽKA, Josef. Varhanní nástroje. *Historie varhan* [online]. 2003. [Citace: 12.2.2014]. Dostupné z: <<http://varhanninastroje.euweb.cz/index2.php?odkaz=historie&title=historie+varhan>>
- [10] BERNAT, Petr. *Anatomie varhan* [online]. 2002. [Citace: 14.11.2013]. Dostupné z: <<http://anatomie-varhan.cz/>>
- [11] URBAN, Zbyněk. Časopis Elektro. *Elektrické instalace a zařízení na hořlavých látkách* [online]. 2008. [Citace: 25.11.2013]. Dostupné z: <<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37074.pdf>>
- [12] RŮŽIČKA, František. Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství. *Rozdělení hořlavých látek a jejich požárně technické charakteristiky* [online]. 1999. [Citace: 26.11.2013]. Dostupné z: <http://www.firebrno.cz/uploads/uo_vyskov/dokstaz/PT_rozdeleni_horlavin.pdf>
- [13] URBAN, Zbyněk. TZB info. Požární ochrana elektrických instalací. *Stavební předpisy, požární bezpečnost staveb* [online]. 2012. [Citace: 28.11.2013]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/pozarni-ochrana/8429-pozarni-ochrana-elektrickych-instalaci>>

- [14] ŠTĚPÁN, František. TZB info. *Použití proudových chráničů v prostředí se zvýšeným nebezpečím požáru* [online]. 2008. [Citace: 4.12.2013]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/5370-pouziti-proudovych-chranicu-v-prostredi-se-zvysenym-nebezpecim-pozaru>>
- [15] POKORNÝ, Marek. TZB info. *Protipožární ochrana kabelových instalací* [online]. 2006. [Citace: 10.12.2013]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/4809-protipozarni-ochrana-kabelovych-instalaci>>
- [16] HORKÝ, Jaromír. TZB info. *Požární bezpečnost kabelů* [online]. 2004. [Citace: 16.12.2013]. Dostupné z: <<http://www.tzb-info.cz/1923-pozarni-bezpecnost-kabelu>>
- [17] SKŘIVAN, Jaroslav. Elektro. *Bezhalogenové nehořlavé kabely* [online]. 2000. [Citace: 15.1.2014]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=23805>
- [18] NEJTKOVÁ, Miroslava. Institut ochrany obyvatelstva. *Problematika označování elektrické instalace a svítidel v hořlavých hmotách a na hořlavých podkladech* [online]. 2011. [Citace: 12.2.2014]. Dostupné z: <<http://www.cervenykohout.eu/cs/content/sendFile/name/5f3e97b234222c41198f706d9849e7d3>>
- [19] KOUKAL, Petr a kolektiv. Národní památkový ústav. *Péče o varhany a zvony, jejich památková ochrana* [online]. 2006. [Citace: 14.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.npu.cz/download/1165493237/met32zvony.pdf>>
- [20] KORVINY, Petr. *Teoretické základy vícekritériálního rozhodování* [online]. 2003. [Citace: 17.4.2014]. Dostupné z: <http://korviny.cz/mca7/soubory/teorie_mca.pdf>

NORMY

- [21] ČSN 33 2312. *Elektrotechnické předpisy. Elektrická zařízení v hořlavých látkách a na nich. Změna Z1*. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [22] ČSN EN 13501-1+ A1. *Požární klasifikace stavebních výrobků a konstrukcí staveb - Část 1: Klasifikace podle výsledků zkoušek reakce na oheň*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [23] ČSN 33 2000-4-482. *Ochrana proti požáru v prostorách se zvláštním rizikem nebo nebezpečím*. Praha: Český normalizační institut, 2000.
- [24] ČSN 33 2000-4-42 ed.2. *Elektrické instalace nízkého napětí - Ochrana před účinky tepla*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [25] ČSN 33 2000-5-51 ed. 3. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení - Všeobecné předpisy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

ONLINE KATALOGY

- [26] Aug. Laukhuff Orgelteile und Orgelbau [online]. 2013. [Citace: 28.2.2014]. Dostupné z: <<http://www.laukhuff.de/katalog.html> />
- [27] KOPOS Kolín [online]. 2013. [Citace: 4.1.2014]. Dostupné z: <<http://www.kopos.cz/>>
- [28] Draka Kabely [online]. 2009. [Citace: 8.1.2014]. Dostupné z: <<http://www.vodice-kabely.cz>>
- [29] PRAKAB, Pražská kabelovna [online]. 2014. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.prakab.cz/info/service/katalog/>>
- [30] ABB, Elektro Praga [online]. 2006. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.abb.cz/product/cz/9AAC910006.aspx?country=CZ>>
- [31] OEZ Letohrad [online]. 2014. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.oez.cz/produkty>>
- [32] Eaton Elektrotechnika, Moeller [online]. 2010. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <http://www.eatonelektrotechnika.cz/produkty-domovni_instalace>
- [33] Schneider Electric [online]. 2009. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.schneider-electric.com/products/cz/cs/?Business=4>>
- [34] Legrand [online]. 2013. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.legrand.cz/>>
- [35] ELKO EP [online]. 2008. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.elkoep.cz/produkty/>>
- [36] Kanlux [online]. 2010. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.kanlux.cz>>
- [37] DEHOR [online]. 2006. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <http://www.dehor.cz/cz/pdf_docs/zdroje_prumysl_aplikace.pdf>
- [38] MEANWELL [online]. 2009. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.czech-meanwell.cz>>
- [39] KMB Systems [online]. 2011. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.kmb.cz/index.php/cs/specialni-pristroje/trafostart>>
- [40] FENIX [online]. 2007. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.fenixgroup.cz/pages/cs/produkty/ecosun-salave-topne-panely>>
- [41] Sefen [online]. 2009. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.sefen.cz/77/Info/Elektricky-vytapeni/Specialni-topidla/Teleso-do-lavice>>
- [42] KÖNYVES és FIA KFT. [online]. 2010. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <http://www.orgonafuvaro.hu/GB_catalogue.htm>
- [43] Organ Supply Industries, Inc [online]. 2005. [Citace: 23.4.2014]. Dostupné z: <<http://www.organsupply.com/>>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 Zjednodušené blokové schéma nástroje s elektrickou trakturou.....	11
Obr. 3.2 Jehlový spínač.....	13
Obr. 3.3 Pérový kontakt.....	14
Obr. 3.4 Kontakt s třemi ovládacími svazky.....	14
Obr. 3.5 Pružinový kontakt.....	14
Obr. 3.6 Táhlový spínač.....	14
Obr. 3.7 Optoelektrická závora.....	14
Obr. 3.8 Jazýčkový kontakt.....	15
Obr. 3.9 Páčkový elektromagnet.....	15
Obr. 3.10 Páčkový elektromagnet Laukhuff.....	15
Obr. 3.11 Dvouramenný elektromagnet.....	16
Obr. 3.12 Dvouramenný magnet Laukhuff.....	16
Obr. 3.13 Elektromagnet Reisner.....	16
Obr. 3.14 Elektromagnetický ventil.....	16
Obr. 3.15 Jednoduchý tyčový magnet.....	17
Obr. 3.16 Tyčový magnet dvojité.....	17
Obr. 3.17 Příklad ovládání tónového ventilu.....	18
Obr. 3.18 Ovládání tónového ventilu ve vzdušnici.....	18
Obr. 3.19 Ovládání spojkového aparátu dvou manuálů.....	19
Obr. 3.20 Sklopka s pérovým kontaktem.....	20
Obr. 3.21 Sklopka s optozávorou.....	20
Obr. 3.22 Sklopka s elektromagnety.....	20
Obr. 3.23 Sklopka Laukhuff s magnety.....	20
Obr. 3.24 Ovládání zásuvky pomocí dvojitého magnetu.....	21
Obr. 3.25 Ukázka výrobních řad elektrických ventilátorů.....	22
Obr. 4.1 Značení výrobků splňujících podmínky zkoušky žhavou smyčkou.....	34
Obr. 4.2 Příklad značení výrobků určených pro montáž do různých materiálů dle ČSN EN 60695 ..	35
Obr. 4.3 Značky na přístrojích.....	37
Obr. 4.4 Původní značení svítidel.....	39
Obr. 4.4 Nové značení svítidel.....	40
Obr. 6.1 Boční vchod do kostela.....	42
Obr. 6.2 Pohled na dřevěný ochoz.....	42
Obr. 6.3 Prospekt s nepatříčně instalovanými svítidly.....	43
Obr. 6.4 Původní připojení svítidel.....	43
Obr. 6.5 Ovladač motoru.....	44
Obr. 6.6 Detail uložení spínače.....	44
Obr. 6.7 Topidlo situované pod manuálovou klaviaturou u nohou varhaníka.....	44
Obr. 6.8 Ovladač v tlumící bedně.....	45

Obr. 6.9 Boční pohled na kostel sv. Jana Křtitele, v popředí socha sv. Antonína Paduánského	46
Obr. 6.10 Pohled na zabudovanou rozvodnici	47
Obr. 6.11 Nevhodně instalované ovladače	47
Obr. 6.12 Spleť kabelů mikrofonů	47
Obr. 6.13 Přilepená mikrofonová krabice	47
Obr. 6.14 Pohled na nepatřičně uložené lišty	48
Obr. 6.15 Původní zapojení elektroinstalace	48
Obr. 6.16 Zapojování topného tělesa do nevyhovující zásuvky	49
Obr. 6.17 Plechový podružný rozváděč pro varhany a věž	49
Obr. 6.18 Kostel Nejsvětější trojice	50
Obr. 6.19 Zápustná svítidla osvětlující hrací stůl	51
Obr. 6.20 Pohled na zapuštěné svítidlo z vnitřní strany skříně	51
Obr. 6.21 Nepatřičně umístěné bodové svítidlo	51
Obr. 6.22 Nevyhovující instalace předmětů na zápalném podkladu	52
Obr. 6.23 Rozvodná skříň nástroje	52
Obr. 6.24 Kostel svatého Ducha ve slovenských Kátlovcích	53
Obr. 6.25 Manuální klaviatura s nevzhlednými prvky	54
Obr. 6.26 Zadlabaný ovladač světelného okruhu	54
Obr. 6.27 Přístroje z vnitřní strany skříně	55
Obr. 6.28 Detail zapojení	55
Obr. 6.29 Bakelitová krabice bez potřebné tepelně izolační podložky	55
Obr. 6.30 Pohled na žalostný stav elektrického ventilátoru	56
Obr. 6.31 Čelní pohled na kostel sv. Václava ve Starém Jičíně	57
Obr. 6.32 Ovládací prvky osvětlení a motoru	58
Obr. 6.33 Okrasně připevněná zásuvka	58
Obr. 6.34 Původní elektroinstalace	59
Obr. 6.35 Zásuvka na levé straně stolu	60
Obr. 6.36 Slaboproudý rozvod	60

SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Měděné vodiče používané pro jednotlivé elektromagnety při napájecím napětí 12 V	12
Tab. 3.2 Maximální dovolený procházející proud vodičem v závislosti na jeho délce a průřezu	13
Tab. 3.3 Parametry výkonových magnetů	17
Tab. 4.1 Stupně hořlavosti (podle dříve platné ČSN 73 0862)	25
Tab. 4.2 Převodník stupňů hořlavosti na třídy reakce na oheň kromě podlahových krytin	26
Tab. 4.3 Převod indexu rychlosti šíření plamene na třídy reakce na oheň pro podlahové krytiny	26
Tab. 4.4 Stupně ochrany proti vniknutí cizího tělesa a před nebezpečným dotykem	30
Tab. 4.5 Stupně krytí proti vniknutí vody	30
Tab. 4.6 Doplnková značení stupně ochrany krytem	31
Tab. 4.7 Požadavky na oddělení předmětů od hořlavých hmot	37
Tab. 8.1 Váhy kritérií vypočtené pomocí Fullerova trojúhelníku	71

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A: Technická zpráva pro elektroinstalaci nástroje s mechanickou trakturou

Příloha B: Technická zpráva pro elektroinstalaci nástroje s elektrickou trakturou

Příloha C: Technická zpráva pro elektroinstalaci nástroje s elektrickou trakturou

Příloha D: Výkresová dokumentace pro elektroinstalaci nástroje s mechanickou trakturou
(výkresy číslo 1.1, 1.2, 1.3)

Příloha E: Výkresová dokumentace pro elektroinstalaci nástroje s elektrickou trakturou
(výkresy číslo 2.1, 2.2, 2.3)

Příloha F: Výkresová dokumentace pro elektroinstalaci nástroje s elektrickou trakturou
(výkresy číslo 3.1, 3.2, 3.3, 3.4)